



Università
Ca' Foscari
Venezia

Corso di Laurea
Magistrale
in Scienze del
Linguaggio

Tesi di Laurea

Il Modello di Unità di Apprendimento alla luce delle recenti scoperte neuroscientifiche

Relatrice

Prof.ssa Alessandra Cecilia Jacomuzzi

Correlatori

Prof. Fabio Caon

Prof. Carlos Alberto Melero Rodriguez

Laureanda

Martina Manazza

Matricola 967913

Anno Accademico

2020 / 2021

ABSTRACT

Il presente elaborato nasce con lo scopo di indagare la relazione tra le neuroscienze e l'apprendimento delle lingue straniere, dimostrando come lo sviluppo cognitivo e la costruzione degli apprendimenti non possa prescindere dai correlati neurali alla base della cognizione.

Nonostante le numerose criticità che hanno sempre caratterizzato il rapporto tra neuroscienze ed educazione, oggi è possibile costruire un ponte tra l'ambito neuroscientifico e le scienze dell'educazione.

Grazie ai fondamentali contributi dei recenti studi neuroscientifici, la ricerca in ambito glottodidattico ha fatto notevoli passi avanti: essi rappresentano uno strumento utile per riflettere su quali metodologie di insegnamento delle lingue straniere siano più efficaci e per riconsiderare la glottodidattica odierna.

In particolare, si vuole riflettere sull'effettiva validità dell'attuale modello operativo alla luce delle nuove scoperte in ambito neuroscientifico.

Il modello di Unità di Apprendimento si rifà alla Teoria della Gestalt, in quanto, le fasi di globalità, analisi e sintesi che caratterizzano l'Unità Didattica sono da ricondurre ai tre momenti percettivi gestaltici. Nonostante essa sia considerata un'importante risorsa in grado di facilitare i processi di apprendimento e di insegnamento e di rinnovare sia la relazione educativa sia la didattica, i suoi principi sono stati applicati in ambito didattico senza svolgere nessuna ristrutturazione pedagogica.

Gli studi sulla sequenza gestaltica si possono ricollegare al filone di ricerca di ambito neuroscientifico e in particolare agli studi di Danesi su cui si basa il modello di Unità di Apprendimento, in quanto, le fasi di globalità-analisi-sintesi rispecchiano sia la teoria della bimodalità sia quella di direzionalità proposte dallo studioso: l'approccio globale prevede un coinvolgimento dell'emisfero destro, l'approccio analitico vede l'azione dell'emisfero sinistro e, infine, la fase di sintesi è data da un'interazione dei due emisferi.

Anche questi principi, però, sono stati applicati nel sistema scolastico in modo scorretto e questo ha condotto alla diffusione di alcune credenze relative al funzionamento del cervello che non risultano avere una validità scientifica.

Le nuove tecniche di neuro-immagine gettano una nuova luce sui meccanismi che sottostanno all'apprendimento, offrendo una descrizione precisa della fisiologia del cervello e del suo funzionamento ed evidenziando la fondamentale importanza della plasticità neuronale ovvero la capacità del cervello di modificare la propria struttura e le proprie funzionalità a seconda dell'attività dei propri neuroni.

La connessione tra neuroni, infatti, permette lo scambio di informazioni in tutto il sistema nervoso tramite sinapsi elettriche o chimiche. L'apprendimento è dato dalla continua esposizione ad input che permette la modifica delle sinapsi già esistenti e la creazione di nuove, sempre più forti. Esso dipende quindi dall'esperienza e dalle possibilità offerte dall'ambiente educativo.

La neuroplasticità rappresenta un'importante scoperta, in quanto, permette di sfatare alcune delle neuromitologie che riguardano l'apprendimento e di focalizzare l'attenzione sull'interazione tra i meccanismi di natura genetica, sulle predisposizioni innate e le esperienze vissute da ogni individuo, dimostrando come tutti questi aspetti influiscano sui processi di apprendimento.

Inoltre, la recente scoperta del sistema a specchio, secondo cui quando osserviamo un'azione compiuta da un'altra persona si attivano nel nostro cervello gli stessi neuroni che entrano in gioco quando siamo noi a compiere quella stessa azione, ci consente di avere solide basi scientifiche su cui impostare una "nuova" didattica che ponga realmente lo studente al centro del processo di apprendimento linguistico.

I neuroni specchio permettono, quindi, di rivalutare e dare un contributo scientifico alle teorie dell'apprendimento per imitazione, dimostrando come tale tipologia di apprendimento sia rilevante nello sviluppo delle competenze linguistiche e che l'apprendimento linguistico ha solide basi nell'esperienza corporea.

Il concetto di esperienza può essere considerato un punto di incontro tra le neuroscienze e la glottodidattica ed assume fondamentale importanza nella Teoria dell'Embodiment, la quale si basa sul pensiero che le stesse strutture nervose che presiedono all'organizzazione dell'esecuzione motoria delle azioni svolgono un ruolo anche nella comprensione semantica delle espressioni linguistiche utilizzate per descriverle.

Alla luce delle nuove scoperte neuroscientifiche, è possibile tornare a riflettere sul modello di Unità di Apprendimento che non sempre sembra prendere in considerazione i contributi derivanti dai recenti studi che riguardano il funzionamento del cervello.

In generale, le teorie supportate dalle neuroscienze suggeriscono che insegnamento e apprendimento si incrementano in un contesto sereno, privo di stress e ricco di esperienze motorie, in cui l'imitazione svolge un ruolo cruciale.

La creazione di un contesto di apprendimento *caring* è fondamentale in quanto lo stato emozionale di chi apprende è determinante per il pensiero, la memoria e l'apprendimento. Le emozioni sono, infatti, regolate dall'amigdala, la quale invia le informazioni all'ippocampo, responsabile dell'apprendimento.

In altre parole, l'insegnante deve riconoscere l'importanza di collegare l'acquisizione di nuove informazioni con esperienze passate emotivamente coinvolgenti che consentono una più facile rievocazione.

Il recupero di esperienze pregresse durante il processo di apprendimento contribuisce a renderlo significativo in quanto il cervello tende a mettere in relazione le informazioni da apprendere con quelle che ha già memorizzato.

Anche in questo caso, il ruolo dell'esperienza è indispensabile poiché è in grado di innescare la plasticità cerebrale mutando le strutture del cervello, attraverso la formazione di nuove sinapsi.

L'Unità Didattica comprende, effettivamente, una fase iniziale di motivazione in cui l'insegnante crea un contesto di apprendimento in cui lo studente si sente accolto e libero di esprimersi ma lo sviluppo della motivazione e il recupero delle esperienze pregresse non deve riguardare solamente questa fase.

Per tutta la durata dell'Unità di Apprendimento è necessario riconsiderare anche la qualità delle relazioni che influenzano le performance degli allievi nell'esecuzione delle attività: bisogna integrare competenze di tipo cognitivo, emotivo e relazionale, in quanto la comprensione delle azioni avviene integrando l'esperienza del nostro corpo a quella dell'altro.

Le scoperte neuroscientifiche dovrebbero indurre a modificare radicalmente le aule di formazione, introducendo momenti in cui viene favorito un apprendimento percettivo-motorio,

caratterizzati da un notevole uso del corpo. A questo proposito le neuroscienze suggeriscono di contestualizzare gli input linguistici forniti e predisporre attività basate sull'esperienza sensoriale.

L'apprendimento di una lingua straniera è, quindi, facilitato da un contesto anche ricco di stimoli sensoriali. Infatti, è stato dimostrato che si comprende e si ricorda meglio quando fatti e competenze vengono acquisiti attraverso l'apprendimento di tipo esperienziale.

Inoltre, il modello di Unità di Apprendimento non prende in considerazione il fatto che i neuroni specchio hanno contribuito a dimostrare che qualsiasi tipo di apprendimento avviene attraverso l'osservazione e l'imitazione.

Con la consapevolezza dell'esistenza dei neuroni specchio, i docenti possono integrare all'interno dell'Unità di Apprendimento strategie che favoriscono un apprendimento di tipo imitativo. Questo perché la maggior parte dei comportamenti che un soggetto acquisisce, sia in un contesto scolastico sia extrascolastico, avviene in maniera inconscia e implicita, osservando un modello più esperto.

Riconsiderando il ruolo dell'insegnante all'interno della classe che non deve più svolgere solo la funzione di moderatore nelle attività, ma anche la funzione di modello, gli individui possono diventare protagonisti del proprio processo di apprendimento attivandosi insieme ai docenti nella co-costruzione delle proprie conoscenze.

ABSTRACT

The aim of this work is to investigate the relationship between neuroscience and foreign language learning, showing how the cognitive development and the learning construction cannot disregard the neural correlates, which are the basis of cognition.

Despite the many critical issues that have always characterised the relationship between neuroscience and education, it is now possible to build a bridge between the neuroscientific field and the educational sciences.

Thanks to the fundamental contributions of recent neuroscientific studies, the research in the field of language teaching has made considerable progress: they represent a useful tool to understand which methodologies in foreign languages teaching are most effective and to reconsider modern glottodidactics.

In particular, the objective is to reflect on the actual validity of the current operational model in the light of new discoveries in the neuroscientific field.

The Learning Unit model is based on Gestalt Theory, as the phases of wholeness, analysis and synthesis that characterise the Learning Unit can be traced back to the three Gestalt perceptive moments. Despite the fact that it is considered an important resource capable of facilitating learning and teaching processes and of renewing both the educational relationship and the didactics, its principles have been applied in the educational field without carrying out any pedagogical restructuring.

Studies on the Gestalt sequence can be linked to the neuroscientific strand of research and especially to Danesi's studies on which the Learning Unit model is based. In fact, the phases of globality-analysis-synthesis reflect both the principle of bimodality and that of directionality proposed by the researcher: in the global approach the right hemisphere is involved, the analytical approach activates the left hemisphere and, finally, the synthesis phase is given by an interaction of the two hemispheres.

Even these principles, however, have been incorrectly applied in the educational system and this has led to the spread of certain beliefs concerning the brain functioning, which are not scientifically valid.

The new neuro-imaging techniques shed new light on the mechanisms underlying learning, offering a precise description of the physiology of the brain and its functioning and highlighting the fundamental importance of neuronal plasticity that is the brain's ability to modify its own structure and functionality depending on the activity of its neurons.

The connection between neurons, in fact, allows the exchange of information throughout the nervous system by means of electrical or chemical synapses. Learning is the result of a continuous exposure to stimuli that lead to a modification of already existing synapses and the creation of new, stronger ones. It therefore depends on experience and the possibilities offered by the educational environment.

Neuroplasticity represents an important discovery, as it allows us to reconsider some of the neuromythologies that concern learning and to focus our attention on the interaction between mechanisms of a genetic nature, innate predispositions and experiences lived by everyone, demonstrating how all these aspects have an influence on learning processes.

Moreover, the recent discovery of the mirror system, according to which when we observe an action performed by another person, we activate in our brains the same neurons that come into play when we perform that same action, allows us to have a solid scientific basis on which we can set up a "new" didactics that truly places the student at the centre of the language learning process.

Mirror neurons thus make it possible to re-evaluate and make a scientific contribution to the theories of learning by imitation, demonstrating how this type of learning is relevant in the development of language skills and that language learning has solid foundations in bodily experience.

The concept of experience can be considered a meeting point between neuroscience and language teaching and is of fundamental importance in the Embodiment Theory, which is based on the thought that the same neural structures that preside over the organisation of the motor execution of actions also play a role in the semantic understanding of the linguistic expressions used to describe them.

In the light of the new neuroscientific discoveries, it is possible to return to reflect on the Learning Unit model, which does not always seem to consider the contributions deriving from recent studies concerning the functioning of the brain.

In general, theories supported by neuroscience suggest that teaching and learning are enhanced in a serene, stress-free context, also rich of motor experiences, in which imitation plays a crucial role.

Creating a “caring” learning context is fundamental as the emotional state of the learner is crucial for thinking, memory and learning. Emotions are, in fact, regulated by the amygdala, which sends information to the hippocampus, which is responsible for learning.

In other words, the teacher must recognise the importance of linking the acquisition of new information with emotionally involving past experiences that allow for easier recall.

The retrieval of past experiences during the learning process contributes to making it meaningful as the brain tends to relate the information to be learned to the one already memorised.

Here again, the role of experience is indispensable as it can trigger brain plasticity by changing brain structures through the formation of new synapses.

The Learning Unit does indeed include an initial motivation phase in which the teacher creates a learning context. In it, the student feels welcomed and free to express himself, but the development of motivation and the recovery of previous experiences should not concern this phase only.

Throughout the duration of the Learning Unit, it is also necessary to reconsider the quality of the relationships that influence learners’ performance in the execution of activities: cognitive, emotional and relational skills need to be integrated, as the understanding of actions occurs by integrating the experience of our body with that of the other.

Neuroscientific discoveries should lead to a radical change in training classrooms, introducing moments in which perceptual-motor learning, characterised by a considerable use of the body, is favoured. In this regard, neuroscience suggests setting up activities, contextualising the linguistic input provided and preparing activities based on sensory experience.

Learning a foreign language is, therefore, facilitated by a context that is also rich in sensory stimuli. Indeed, it has been shown that one understands and remembers better when facts and skills are acquired through experiential learning.

Furthermore, the Learning Unit model does not take into account the fact that mirror neurons have helped demonstrate that any kind of learning occurs through observation and imitation.

With the knowledge of the existence of mirror neurons, teachers can integrate strategies within the Learning Unit, which favour imitative learning. This is because most of the behaviour that a subject acquires, whether in a school or extracurricular context, occurs in an unconscious and implicit way, by observing a more experienced model.

By reconsidering the role of the teacher within the classroom, who no longer has to perform only the function of moderator in the activities, but also the function of model, individuals can become protagonists of their own learning process by activating themselves together with teachers in the co-construction of their own knowledge.

INDICE

INTRODUCCIÓN	1
1. DE LA UNIDAD DIDÁCTICA A LA UNIDAD DE APRENDIZAJE	2
1.1 Unidad Didáctica como Red de Unidades de Aprendizaje	4
1.2 Las fases de la Unidad Didáctica y la Unidad de Aprendizaje	6
1.3 Teoría de la Gestalt	11
1.4 Bimodalidad y direccionalidad	23
1.5 Los límites de las teorías en las que se basa el Modelo de Unidad de Aprendizaje	25
1.6 Breve resumen del capítulo 1	27
2. NEUROSCIENZE E APPRENDIMENTO	28
2.1 Il sistema nervoso	28
2.1.1 Sistema nervoso centrale	28
2.1.2 Neuroni e cellule gliali	31
2.1.2.1 Trasmissione sinaptica	33
2.1.2.1.1 Sinapsi e apprendimento	37
2.2 Tecniche di neuroimmagine	40
2.3 Neuroplasticità	45
2.3.1 Fattori che favoriscono l'apprendimento	48
2.3.2 Fattori che riducono l'apprendimento	48
2.4 Neuroni specchio	50
2.5 Breve sintesi capitolo 2	54

3. RIPENSARE ALLA GLOTTODIDATTICA ALLA LUCE DELLE NUOVE SCOPERTE NEUROSCIENTIFICHE	55
3.1 Neuroscienze ed educazione: un legame possibile?	55
3.1.1 Neuromitologie	57
3.1.2 Neuroscienze educative e MBE	59
3.2 Scoperte neuroscientifiche e Glottodidattica	61
3.2.1 L'importanza della neuroplasticità nei processi di apprendimento	62
3.2.2 L'importanza dei neuroni specchio nel contesto di apprendimento	64
3.2.2.1 Neuroni specchio e apprendimento delle lingue straniere	66
3.2.2.1.1 Embodied Cognition e Simulation	67
3.2.2.1.2 Teoria dell'Embodiment	70
3.3 Riflessione sul Modello di Unità di Apprendimento	71
3.4 Breve sintesi capitolo 3	77
CONCLUSIONES	78
BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA	80
RINGRAZIAMENTI	86

INTRODUCCIÓN

En los últimos años del siglo XX ha habido un gran interés por comprobar las posibles implicaciones de los descubrimientos neurocientíficos en la enseñanza y el aprendizaje.

Entender cómo funciona el cerebro, de hecho, puede ayudar a desarrollar metodologías de enseñanza y aprendizaje más eficaces: los profesores no sólo pueden adaptar su metodología a la configuración del cerebro, sino que, al practicarla, participan en su construcción.

La neurociencia también ha estimulado la curiosidad de numerosos estudiosos de la glotodidáctica que se han preguntado qué sugerencias podrían ofrecer los recientes estudios neurocientíficos al profesor y al alumno y qué repercusiones podrían tener en la práctica educativa para hacer más eficaz la adquisición de lenguas extranjeras.

El objetivo de este trabajo es, por tanto, reflexionar sobre la validez del modelo de la Unidad de Aprendizaje que se ha establecido desde los años 60 como el modelo operativo de la Glotodidáctica actual.

En el primer capítulo, destacamos las diferencias entre Unidades Didácticas y Unidades de Aprendizaje, analizando las fases que las caracterizan. Al examinar los principios psicológicos y neurocientíficos en los que se basa el modelo de la Unidad de Aprendizaje, se señalan algunas cuestiones críticas en su aplicación en la educación.

En el segundo capítulo, se presentan los resultados de los recientes descubrimientos neurocientíficos: gracias a la utilización de nuevas técnicas de neuroimagen, disponemos ahora de una descripción precisa de la fisiología del cerebro y de su funcionamiento, lo que permite desacreditar algunas de las neuromitologías que muchos glotodidactas consideran válidas y que se utilizan erróneamente en el ámbito de la enseñanza.

Por último, en el tercer capítulo, proponemos una nueva lectura del modelo de la Unidad de Aprendizaje que tiene en cuenta los estudios de neurociencia relativos, en particular, a la plasticidad cerebral y a las neuronas espejo. Estos conceptos, de hecho, nos permiten disponer de una sólida base científica sobre la que establecer una “nueva” didáctica que sitúe realmente al alumno en el centro del proceso educativo, a través de la experiencia corporal, reduciendo la distancia entre la neurociencia y la glotodidáctica.

Capítulo 1

De la Unidad de Enseñanza a la Unidad de Aprendizaje

El diseño de intervenciones en la educación lingüística es uno de los objetos de estudio específicos de la glotodidáctica, una ciencia que combina la dimensión teórica con la operativa. La glotodidáctica es, de hecho, una ciencia teórico-práctica: partiendo de un enunciado teórico y utilizando dos procedimientos específicos, el enfoque y el método, los profesores seleccionan las técnicas de enseñanza adecuadas al método y coherentes con el enfoque. Sólo así la teoría puede traducirse en acción y se puede avanzar hacia el diseño glotodidáctico.

Para identificar las técnicas, las actividades, los ejercicios y los procedimientos didácticos que deben utilizarse eficazmente en el ámbito del aprendizaje de idiomas, es esencial, en primer lugar, definir qué se entiende por modelo operativo y a qué modelos operativos se refiere la glotodidáctica. Balboni afirma que «i modelli operativi sono la traduzione dell'approccio in termini di operatività glottodidattica: è la dimensione che chiamiamo metodo». (Balboni, 2008, p. 5)

Los modelos operativos se refieren al “qué” y al “cómo” de la enseñanza de idiomas.

Hay dos modelos principales de diseño que provienen de la tradición, la conferencia, un modelo típico de educación religiosa que dominó durante siglos, y la Unidad Didáctica, de la que se habla desde los años Sesenta.

Sin embargo, en los estudios más recientes sobre la glotodidáctica, ha surgido la necesidad de elaborar un nuevo modelo de organización en la enseñanza de la lengua, un modelo que supere la Unidad Didáctica, que ha constituido el núcleo fundacional de la glotodidáctica en las últimas décadas, pero, su enfoque en el proceso de enseñanza, un proceso que ha demostrado ser largo y rígido, y en una figura muy directiva de un profesor, aparece ahora como poco eficaz desde el punto de vista didáctico. (Begotti, p. 23). Como señala Balboni (2008, p. 19), el adjetivo “didáctico” se centra en el proceso de enseñanza, en el proceso didáctico.

La Unidad Didáctica tiene, de hecho, como eje principal la actividad del profesor, sus métodos de enseñanza, los distintos momentos del proceso que se desarrolla desde la puesta en común

de la información con la clase hasta la verificación de las competencias asimiladas por los alumnos.

La estructura de la Unidad Didáctica se basa enteramente en los contenidos que el profesor planea cubrir y se refiere principalmente a las actividades que el profesor ha seleccionado y que los alumnos tendrán que realizar.

El desarrollo de los conocimientos, en este caso, se realiza de forma totalmente guiada y finaliza con un sistema de verificación que incluye unas preguntas relacionadas con los temas tratados en clase. La trayectoria es, pues, lineal, pero sin dar un espacio particular a la autonomía organizativa de los alumnos. (INDIRE, 2021)

Hoy en día, por el contrario, es fundamental que una Unidad Didáctica esté formada por una serie de Unidades de Aprendizaje que, como núcleos matemáticos de adquisición, sitúan al alumno, sus necesidades y su proceso de adquisición en el centro. (Begotti, pp. 23-24)

Como afirma Balboni (2008, p. 21), «un'unità di apprendimento è l'unità secondo la quale lo studente percepisce il suo lavoro (...); un'unità didattica è invece una tranne linguistico-comunicativa più complessa, realizzata mettendo insieme eventi, atti, espressioni, strutture linguistiche legati ad un contesto situazionale (...)».

Alrededor de los años Sesenta-Setenta, el concepto de “Unidad de Aprendizaje”, que ya había sido introducido en los años Treinta en América como actividad de *problem solving* en el contexto del activismo pedagógico, se aplicó como un nuevo modelo operativo de la glotodidáctica. (ITALS)

La Unidad de Aprendizaje parece claramente mucho más difícil de estructurar y, además, debe ser flexible y modificable a medida que avanza en función del *feedback* de los alumnos. De este modo, se estimula al alumno para que desarrolle habilidades aplicables en un contexto situacional concreto. (INDIRE, 2021)

El modelo de Unidad de Aprendizaje de la escuela de Freddi, Balboni y Porcelli recuerda abiertamente a la psicología de la Gestalt y a las nociones de bimodalidad y direccionalidad propuestas por Marcel Danesi. (Pona, 2015, p. 1)

En palabras de Balboni (2008, p. 20), la Unidad de Aprendizaje surge de la interacción de dos componentes fundamentales:

- una consideración neurolingüística que se basa en dos principios funcionales: la “bimodalidad”, es decir, la división funcional de los dos hemisferios cerebrales, el derecho encargado de las actividades globales, holísticas y analógicas, y el izquierdo de las actividades racionales, secuenciales y lógicas; la “direccionalidad”, es decir, el hecho de que incluso en la cooperación continua entre los dos modos del cerebro, los emocionales y globales del hemisferio derecho preceden a la acción de los racionales y analíticos del hemisferio izquierdo;
- una consideración psicológica, en particular la Gestalt, que describe la percepción como un proceso secuencial de globalidad-análisis-síntesis.

1.1 La Unidad Didáctica como red de Unidades de Aprendizaje

La Unidad Didáctica para la enseñanza de lenguas extranjeras es una estructura básica útil para que el profesor planifique la actividad, un segmento didáctico que puede durar de seis a diez horas o más, formado por una red de Unidades de Aprendizaje.

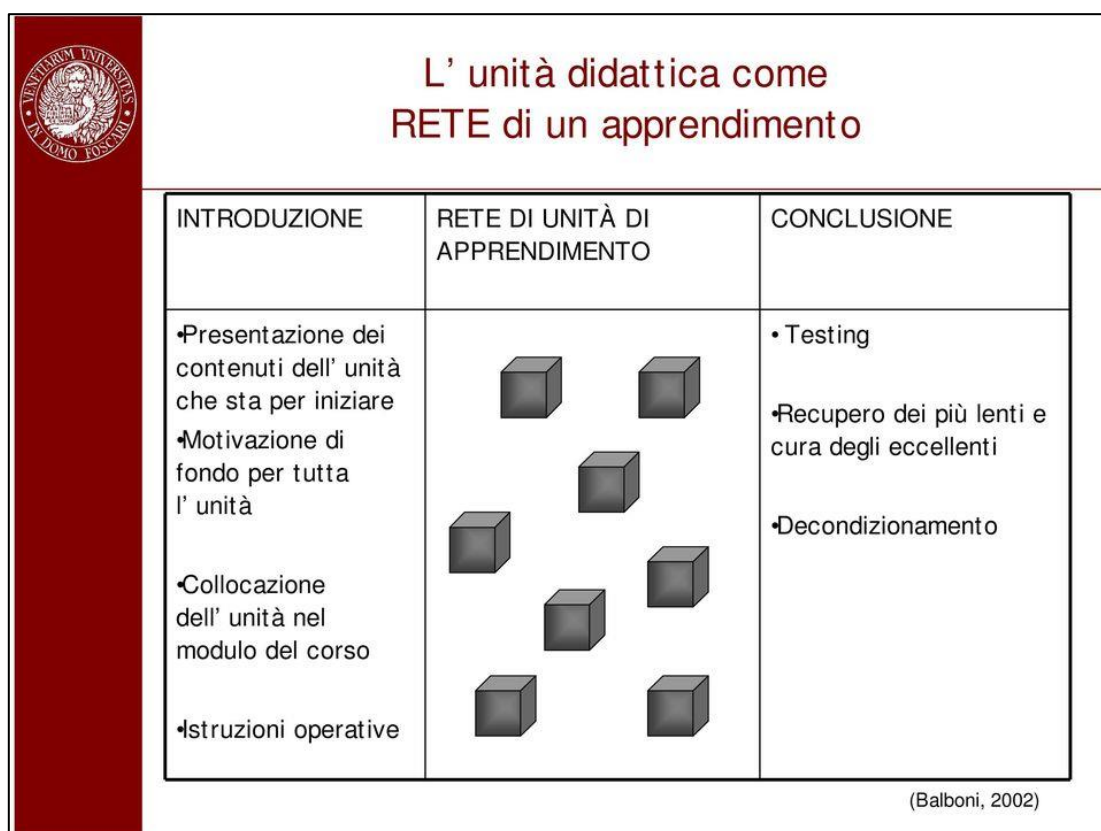
En un primer momento se presentan los contenidos de la UD, pero éstos se negocian en parte con los alumnos: por un lado, el profesor explica la justificación de la UD que propone, y por otro, los alumnos proponen cualquier modificación o piden añadidos. (Balboni, 2008, pp. 21-22)

Las Unidades de Aprendizaje que constituyen la Unidad Didáctica más amplia están disponibles en el libro de texto o en el “banco de actividades” del profesor. La estructura “reticular” con la que se vinculan entre sí permite al profesor decidir si los presenta siguiendo la secuencia recomendada por el autor del material didáctico de referencia o si modifica la secuencia en función de los intereses y las necesidades emergentes de los alumnos. De hecho, la clase puede preferir una secuencia en lugar de otra por diversas razones y hacer que la serie de la UA sea única, aportando su propia contribución al trabajar con materiales flexibles que permiten la expansión y la profundización. (Begotti, p. 24)

Se dispone, por tanto, de una red de Unidades de Aprendizaje dentro de la Unidad Didáctica que cubre cada tema, pero no es estática: la ejecución de las actividades puede variar respecto

a lo previsto inizialmente por el profesor en función de las ideas que maduren en la clase. Como señala Balboni (2008, p. 23) «proprio perché utilizzabili all'interno di un concetto flessibile di UD e di UA le attività che proponiamo vanno fatte proprie dall'insegnante nella maniera meno dogmatica e più aperta possibile alla variazione».

La fase final de la UD también es flexible y está representada por Balboni con una forma de “Y”: la parte común, la pata, corresponde a la fase de verificación de los objetivos fijados al principio de la UD; los dos brazos, en cambio, indican dos caminos paralelos. En particular, durante esta última actividad, el grupo de alumnos que ha obtenido resultados medio-bajos puede realizar acciones de recuperación, a través de UA “estratificadas y diferenciadas” cuyas actividades se sitúan en progresión de dificultad; el grupo de alumnos que ha obtenido resultados medio-alto puede cuidar su “excelencia” con actividades de profundización, juegos de lenguaje, búsqueda de materiales que se propondrán a todos, posiblemente en la hora de interludio entre dos UD. Este último consiste en un momento que no tiene una finalidad didáctica explícita, sino que tiene como único objetivo el placer de usar la lengua. (Balboni, 2008, pp. 23-24)



Creyendo que esta perspectiva es válida, se puede afirmar que una Unidad de Aprendizaje aislada es ineficaz: debe estar incluida en un proyecto didáctico y se caracteriza por la flexibilidad que permite la formación de una red de unidades, creando caminos diversificados según las necesidades cognitivas y lingüísticas de los alumnos.

De este modo, se ponen en primer plano las necesidades comunicativas, formativas y emocionales de cada alumno con respecto a la disciplina, teniendo en cuenta los pilares de la glotodidáctica humanista-afectiva que ve al alumno en el centro del proceso de adquisición.

A este respecto, Begotti (p. 25) resume las características fundamentales de la “red” de UA:

- brevedad y exhaustividad de la unidad matemática
- estrecha conexión entre las distintas UA (a pesar de ser entidades concluidas y autónomas)
- potencial para cambiar de forma en función de las aportaciones de los alumnos, según una perspectiva dinámica y no isomórfica
- absoluta libertad de elección de la secuencia de UA (flexible e intercambiable)

Según la profesora Begotti, «queste caratteristiche rendono l'Unità di Apprendimento uno strumento estremamente duttile e particolarmente conveniente per la didassi proprio perché risponde alle necessità organizzative dei docenti. Infatti, la struttura rigida e i tempi lunghi della UD di prima generazione creavano notevoli problemi ai docenti di lingua, soprattutto nei casi in cui la materia veniva insegnata per un'ora alla settimana: spesso l'insegnante alla fine della fase di motivazione si accorgeva che era finita l'ora e la settimana successiva doveva riprendere il filo logico di quanto detto in precedenza, con conseguenti notevoli perdite di tempo e disagi nell'avanzamento del programma. Con la struttura flessibile e limitata della UA, invece, questi problemi sono risolti e l'atto didattico risulta molto più efficace e adeguato ai ritmi di docenza».

1.2 Las fases de la Unidad Didáctica y la Unidad de Aprendizaje

Freddi y Titone entienden la Unidad Didáctica como un curso de un determinado número de horas caracterizado por las fases que recuerdan los tres momentos perceptivos en los que se basa la Teoría de la Gestalt, precedidos por una fase inicial de motivación y seguidos por las fases de reflexión y control. (Balboni, 2008, p. 20)

En particular, Titone definió las tres macrofases de este camino como “incoactiva”, “de ejercicio” o reelaboración y “de control”. Estos momentos, en la práctica operativa, se articulan también a partir de las indicaciones de la neuro y psicolingüística:

- la fase incoactiva incluye una fase de motivación, una fase de percepción global de una muestra de lengua y cultura y, por último, un análisis: de este modo, se respeta el principio de direccionalidad;
- la fase de trabajo sobre el texto incluye secciones de fijación y reutilización cada vez más libres a partir de las cuales se realiza una síntesis y reflexión sobre el lenguaje, respetando el principio de focalización modal;
- la fase final incluye las actividades de verificación y evaluación y todas las actividades de recuperación puestas en marcha para ayudar a los alumnos que no han alcanzado todos o parte de los objetivos de la Unidad Didáctica. (ITALS)

Freddi (1985, pp. 7-14), por su parte, propone un modelo de Unidad Didáctica dividido en seis fases: motivación, globalidad, análisis, síntesis, reflexión y control. En concreto, las fases de globalidad, análisis y síntesis se remontan a los tres momentos perceptivos de la Teoría de la Gestalt que caracterizan a la Unidad de Aprendizaje.

- La **fase de motivación** consiste en el momento en el que el profesor intenta despertar el interés del alumno (Pona, 2015, p. 3), a través de la motivación, que es fundamental ya que es la base para la correcta activación de los procesos mentales necesarios para promover el aprendizaje. La importancia de esta etapa se desprende también de las palabras de Balboni: “non c’è acquisizione senza motivazione”. En un proceso complejo como una Unidad Didáctica, la fase de motivación hace que el aprendizaje tenga sentido.

Mezzadri (2003, pp. 7-8) afirma que en esta fase se buscan las condiciones adecuadas de trabajo: en primer lugar, el profesor debe crear un ambiente sereno, libre de estrés y de situaciones que conduzcan a la creación de filtros afectivos que impidan el correcto proceso de adquisición, después el profesor recupera lo aprendido anteriormente para activar conocimientos que puedan facilitar la adquisición de las nuevas partes de la lengua.

Pona (2015, p. 3), en este sentido, habla de la activación de la *expectancy grammar*, es decir, de la capacidad de hacer hipótesis: es, de hecho, fundamental recuperar y

reelaborar los conocimientos previos anticipando lo que se propondrá más adelante a partir de la información que ya se conoce.

Para crear interés y reactivar los conocimientos que ya se poseen, Mezzadri (2003, pp.7-8) sugiere centrarse en las palabras clave de la lección, invitando a la clase a realizar un momento de *brainstorming* y, al mismo tiempo, introducir los nuevos temas. Además, es importante que la motivación no se agote en las fases posteriores: es necesario mantenerla alta dando la oportunidad de utilizar los conocimientos adquiridos desde el principio, para reconocer la prescindibilidad comunicativa de lo aprendido.

Porcelli, en su texto, destaca que en esta fase también es indispensable presentar el contexto situacional y comunicativo (*setting*), la macrofunción, el tema abordado en el texto y su papel en la civilización extranjera. El momento de la motivación es, por tanto, al mismo tiempo «una fase di stimolo dell'interesse per la lingua-civiltà straniera ed una prima esplorazione dell'ambiente in cui si colloca l'UD». (Porcelli, 2013, p. 124)

- La **fase de globalidad** representa el segundo momento de la Unidad Didáctica. Consiste en guiar a los alumnos en la comprensión global del material suministrado y en el desarrollo de las habilidades holísticas y receptoras. Esta fase afecta principalmente al hemisferio derecho del cerebro. (Novello, p. 13)

Balboni, en su manual “*Le Sfide di Babele*” (2015) indica algunas estrategias a adoptar para facilitar al alumno en este momento del proceso glotodidáctico entre las que se encuentran: la redundancia de la información; la formación de hipótesis sociopragmáticas; la formación de hipótesis lingüísticas; la elaboración de las posibles metáforas presentes; la verificación global y aproximada de las hipótesis y/o la verificación de los elementos individuales; la búsqueda de analogías con hechos conocidos. Para estimular al alumno a explorar globalmente el material y comprenderlo, algunas de las técnicas que Balboni (2015) sugiere son el *cloze* y el *jigsaw*.

Según Mezzadri (2003, p. 9), la fase de globalidad reproduce las condiciones que se dan en los procesos comunicativos reales: el individuo se expone al input lingüístico con un enfoque unificado y luego pasa a la comprensión y al análisis lingüístico del mismo. De acuerdo con Mezzadri, Pona (2015, p. 3) afirma que el descubrimiento del objeto de estudio es progresivo: va desde la observación del paratexto (imágenes, título, apariencia del texto, etc.), y la consiguiente formulación de hipótesis, hasta el análisis

del cotexto y, finalmente, el análisis del texto propiamente dicho. En concreto, la lectura del texto se realiza a través de las fases de *skimming* y *scanning*: la primera permite establecer de qué trata el texto, y la segunda permite recuperar información concreta y específica del texto.

Una vez realizada esta primera parte y en posesión de las hipótesis formuladas que permiten predecir el contenido del texto, el alumno puede hacer frente a las actividades dirigidas a la comprensión.

- En la **fase de análisis**, se pasa a una percepción más analítica del tema (Novello, p.14). Consiste en pasar de lo global a lo analítico (ITALS, 2009), mediante la subdivisión del material en conjuntos temáticos. El alumno, en esta fase, está llamado a analizar el material previamente comprendido y a buscar en él cómo resolver una necesidad comunicativa propia (análisis funcional), o un problema lingüístico (análisis gramatical) o léxico (análisis léxico) (Pona, 2015, p. 3). Este desplazamiento de las unidades mayores a las menores está en consonancia con los principios de la teoría de la Gestalt, según los cuales los detalles adquieren valor y significado en relación con su lugar en el conjunto. Por otro lado, la focalización en la dimensión textual no supone un abandono de la gramática de la frase, sino que se emplea una metodología inductiva: el profesor, guiando el proceso de aprendizaje, llevará la atención de los alumnos a los elementos que principalmente quiere sacar del material analizado. Esto se hace comparando los nuevos elementos con los conocimientos previos, animando a los alumnos en este nuevo reto. (Porcelli, 2013, p. 125)
- El siguiente paso consiste en una **fase de síntesis**, en la que se pide al alumno que retome sus conocimientos y los reorganice. Las actividades propuestas por los profesores en esta fase tienen como objetivo estimular a los alumnos en la producción oral o escrita, para que utilicen todas las competencias adquiridas, sin centrarse sólo en algunas de ellas (ITALS, 2009). En palabras de Pona (2015, p. 3), «la fase di sintesi permette all'apprendente di impiegare le informazioni comunicative e linguistiche, precedentemente incontrate ed analizzate nel testo, per rispondere a propri bisogni comunicativi» es decir, reutilizar las reglas aprendidas previamente en la fase de análisis y volver a aplicarlas de forma autónoma.

Por lo tanto, en esta fase, el profesor puede proponer diversas actividades interactivas y comunicativas a los alumnos, que, individualmente o en grupo, están llamados a poner en juego los modelos de uso comunicativo y a verificar las hipótesis de solución a los problemas lingüístico-comunicativos incluidos en el texto.

Son especialmente eficaces los ejercicios de relleno; las composiciones escritas más o menos breves; los monólogos, como una autobiografía, real o imaginaria, o la biografía de un compañero o incluso la narración de un cuento; la dramatización, es decir, el recitado de un texto preparado o la simple repetición de un diálogo; el diálogo abierto en el que sólo se prefijan las líneas de un personaje; una simulación muy guiada, en la que los alumnos asumen papeles preestablecidos (*role-taking*); una metodología en la que se deja mucho espacio a la creatividad de los alumnos, construyendo y representando su propio papel y personalidad en una situación (*role-making*); el *role-play*, en el que se construye un diálogo a partir de una situación preestablecida. (Balboni, 2015)

Según Porcelli (2013, p. 127), la fase de síntesis se caracteriza, por tanto, como aquella en la que se produce la transición de la adquisición de habilidades (obtención de habilidades) a la reutilización más o menos autónoma por parte del alumno (uso de habilidades).

- En este momento de la UD, hay espacio para la reflexión sobre lo adquirido. En la **fase de reflexión**, los alumnos ponen a prueba las hipótesis formuladas en las fases anteriores de la unidad y descubren las reglas generales ocultas en los usos textuales concretos. El profesor también puede ofrecer una explicación gramatical de las estructuras, pero sólo después de que el grupo de clase haya intentado reflexionar sobre ellas autónomamente. La novedad de estos modelos con respecto a los enfoques deductivos radica sobre todo en la ubicación de esta fase dentro de la unidad: Porcelli (2013, p. 127) subraya cómo esta fase, de reflexión sobre los mecanismos lingüísticos y la acomodación (o “sistematización”) del conocimiento, se sitúa hacia el final de la UD, no en la mitad, ni mucho menos al principio de esta.

Además, mientras que los métodos tradicionales (el modelo operativo era la clase magistral) partían de la explicación de la regla por parte del profesor y luego pedían a los alumnos que trabajaran en ejercicios descontextualizados (como los ejercicios

manipulativos) para fijar las estructuras desde una perspectiva deductiva, la unidad de trabajo/aprendizaje se centra en el texto y, de forma inductiva, permite al alumno formular hipótesis y verificarlas personalmente. (Pona, 2015, pp. 3-4)

- El último momento de la UD es la **fase de control** (verificación y recuperación). «L'attività di controllo si riferisce, oltre alla possibilità di verificare formalmente quanto appreso in classe (il classico test di verifica in uscita), alla possibilità di misurare fuori dal contesto classe ciò che l'apprendente ha appreso all'interno del gruppo-classe». (Pona, 2015, p. 4)

En otras palabras, este momento fundamental de la UD representa el impulso para poner en acción fuera del contexto de la enseñanza los usos realizados por el alumno en la comunicación didáctica, sin que, sin embargo, pueda aprovechar la ayuda del profesor. Los resultados de la evaluación deben ser analizados en relación con la clase y el alumno individual y, si se comprueba que el alumno no ha alcanzado los objetivos fijados, será necesario aplicar las medidas correctoras oportunas antes de pasar a la siguiente Unidad Didáctica. (Mezzadri, 2003, p. 15)

Para que el tipo de aprendizaje sea eficaz y orientado a objetivos, es fundamental que el profesor sea capaz de distinguir qué actividades están más centradas en la consecución de los objetivos previstos para cada fase de la Unidad Didáctica y, en concreto, para cada momento de la Unidad de Aprendizaje.

1.3 Teoría de la Gestalt

La Unidad de Aprendizaje, la “molécula matética” que constituye el núcleo de la actividad de adquisición de la lengua extranjera, se define a partir de la investigación psicoeducativa relativa, en particular, a la Teoría de la Gestalt, una corriente de pensamiento que se difundió en Alemania a principios del siglo XX.

Los fundadores de esta teoría, que se originó como "Escuela de Frankfurt" y se hizo famosa como "Escuela de Berlín", fueron Max Wertheimer (1880-1943), Wolfgang Köhler (1887-1967), Kurt Koffka (1886-1941) y Kurt Lewin (1890-1947), que empezaron sus trabajos en el Instituto de Psicología de Fráncfort y posteriormente se trasladaron al Instituto de Psicología

de Berlín, donde se publicó la revista “*Psychologische Forschung*” (“Investigación psicológica”), su órgano oficial desde 1921 hasta 1938.

El inicio oficial de esta teoría, sin embargo, puede reconocerse en el artículo “*Experimentelle Studien über das Sehen von Bewegung*” (“Estudios experimentales sobre la visión del movimiento”) (1912) en el que Max Wertheimer describe el movimiento fenoménico o el fenómeno ϕ (phi), introduciendo la nueva orientación “de la forma” en el estudio de la percepción, y de todos los procesos mentales en general.

«Il movimento fenomenico o fenomeno ϕ (phi) è un movimento apparente, illusorio, che viene dato non da un reale stimolo in movimento nello spazio, ma, da due stimoli (due luci) a e b, posti nei punti A e B nello spazio, che si illuminano in modo alternato (ababab...) secondo un determinato intervallo temporale: quello che accade è che, per un certo intervallo temporale, si produce l'impressione di un unico stimolo luminoso in movimento dal punto A al punto B. Se l'intervallo temporale aumenta, si ha l'impressione di due stimoli immobili, che si illuminano ora l'uno ora l'altro; se, invece, l'intervallo temporale diminuisce, si ha l'impressione di due stimoli immobili, sempre illuminati. (...) Malgrado gli stimoli a e b siano sempre gli stessi ed eccitino gli stessi recettori retinici, si hanno percezioni diverse sulla base della relazione temporale nella variazione di luminosità tra i due stimoli presentati». (Zudini, 2014, pp. 34-36).

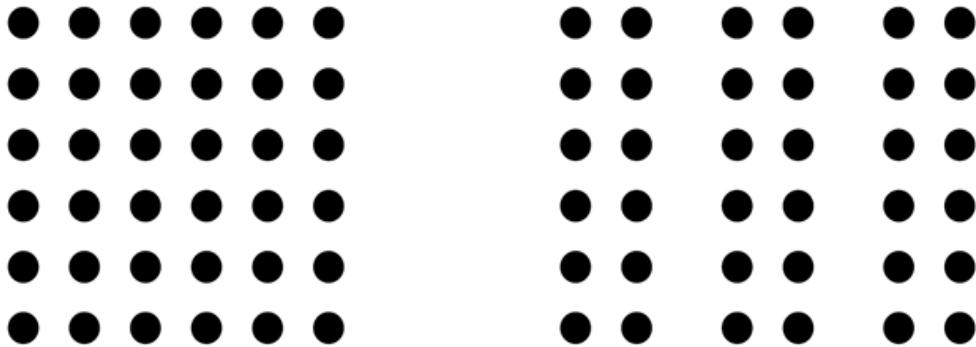
A partir de este experimento, el intelectual se dio cuenta de que la percepción no se presenta como la suma de elementos sensoriales, sino que es algo diferente y más. Cuando se nos presentan varios estímulos, no tendemos a analizar sus detalles, sino que, somos capaces de generar conocimientos o intuiciones que permiten interpretar la percepción en su totalidad.

En otras palabras, la Teoría de la Gestalt pretende analizar las percepciones basándose en la creencia de que “el todo es más que la suma de sus partes” y propone el concepto de “*Gestalt*” (“estructura”) como principal unidad de análisis en el ámbito de la percepción.

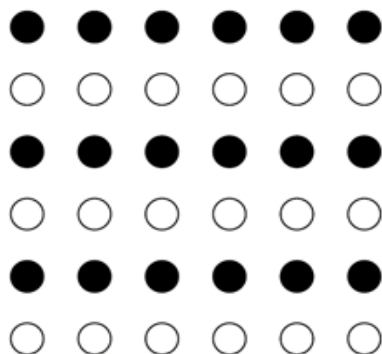
Los estudiosos de la Gestalt se ocuparon entonces de estudiar las condiciones que hacen que los elementos aparezcan según una configuración perceptiva determinada, es decir, de determinar las leyes de la organización perceptiva. (Zudini, 2014, p. 36)

Los principios de la unificación fueron estudiados por M. Wertheimer y esbozados en uno de sus ensayos en 1923:

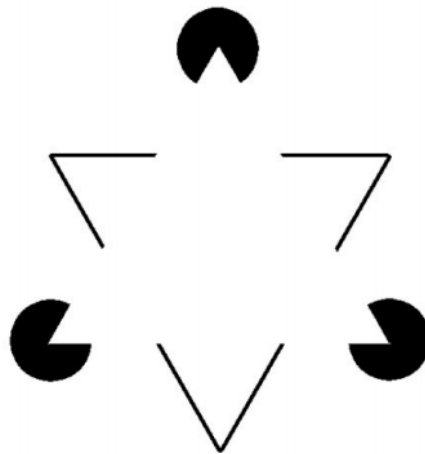
- **el principio de proximidad:** los elementos del campo perceptivo se unen en formas tanto más cohesionadas cuanto menor sea la distancia entre ellos. De hecho, dentro de un mismo entorno, los elementos cercanos y similares entre sí son considerados por nuestro cerebro como un todo.



- **el principio de similitud:** el individuo tiende a percibir elementos con características similares como una forma o un todo unitario.



- **el principio de cierre:** el individuo tiende a preferir las “formas completas” y, por consiguiente, tiende automáticamente a “rellenar” o cerrar los espacios entre varios elementos separados, con el fin de percibir (o ver primero) una sola imagen o forma en lugar de una suma o yuxtaposición de varias líneas separadas.



- **el principio de continuidad de dirección (buena continuación):** elementos colocados uno tras otro percibidos de forma única y la tendencia a reducir la complejidad y facilitar la organización perceptiva más habitual y familiar: se siente el impulso de seguir aquella información que, gracias a los principios de proximidad y contigüidad, forma una sucesión de datos bien conectada.



- **el principio de la buena forma** es la regla de que cuanto más regulares, simétricas, cohesionadas, homogéneas, equilibradas, sencillas y concisas sean las imágenes, mayor será la posibilidad de imponerse a nuestra percepción.
- **la ley de la pregnancia:** de todas las configuraciones posibles, tendemos a preferir la organización más clara porque es más simple, más armoniosa.
- **el principio de la experiencia pasada:** los elementos que, por nuestra experiencia pasada, se asocian habitualmente entre sí, tienden a unirse en formas.

Analizando las leyes de organización perceptiva que caracterizan a la Teoría de la Gestalt y repensándolas en el ámbito pedagógico, Polito (2005) afirma, refiriéndose al principio de proximidad, que una Unidad Didáctica es eficaz cuando el profesor se preocupa de organizar la información eligiendo las más próximas al tema central.

Sin embargo, a menudo ocurre que el profesor descuida este principio y decide presentar demasiada información ramificada en numerosos conceptos. Esto hace que se pierdan de vista los elementos esenciales. Por el contrario, sería más adecuado presentar inicialmente la información en un esquema perceptivo simple, compuesto por información conectada y cercana, que facilite la percepción de la estructura; sólo después, es útil presentar una ramificación conceptual más detallada.

Además, el aprendizaje es más eficaz cuando el alumno es capaz de situar información similar en esquemas bien estructurados, con el fin de favorecer la comprensión y la memorización de conceptos.

Por lo tanto, una lección es más comprensible cuando la secuencia de los conceptos expuestos se ordena según el principio de similitud, es decir, cuando se realizan agrupaciones coherentes de información y conceptos, de forma gradual, desde un concepto hasta el más próximo.

La lección organizada según el principio de cierre tiene un principio, un final y un desenlace y, de esta manera, el alumno percibe inmediatamente la estructura global que le proporciona una orientación para asimilar la nueva información y situarla eficazmente.

A diferencia de las lecciones “libres”, que desorientan y crean tensión y malestar, la ley del cierre se basa en el impulso de completar datos, situaciones o percepciones percibidas como incompletas. Toda lección, cuando introduce información nueva, puede provocar malestar cognitivo, pero, el profesor que adopta la perspectiva gestaltista se ocupa del proceso de asimilación y ayuda a cada alumno a recrear, mediante la reestructuración, un nuevo equilibrio dentro de sus propios mapas mentales. El proceso de asimilación es en realidad un proceso de “cierre”, de “relleno”: la nueva información se deconstruye y reestructura para crear una nueva visión más armoniosa e integrada.

El principio de continuidad de dirección es muy útil en la programación de las Unidades Didácticas ya que el profesor está llamado a organizar la información esencial guiando la

percepción del alumno y facilitando la transición de un concepto a otro hasta que perciba todo el recorrido conceptual. Mediante el principio de la buena continuación, el profesor puede conducir fácilmente a sus alumnos desde la visión general hasta el análisis de las partes. La lección de la Gestalt respeta tanto la necesidad de síntesis como la de análisis: el principio de síntesis viene dado por la unidad y la estructura, el principio de análisis por la diferenciación de los detalles que ramifican el concepto unitario.

Para facilitar la percepción, la comprensión y el recuerdo, la información debe organizarse en estructuras antitéticas simples, utilizando la bifurcación conceptual, que es la primera forma de diferenciación y crea estructuras muy potentes desde el punto de vista didáctico y también persuasivo.

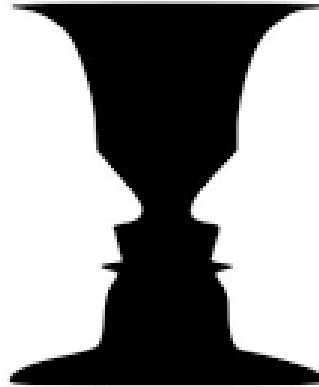
En cuanto a la buena forma, los estudios han demostrado que el individuo tiende a simplificar los recuerdos, a esquematizarlos, para darles una configuración más coherente, más unificada y económica en términos de gasto energético. La similitud, la continuidad y la simplicidad son algunas de las formas en que una tarea inicialmente percibida como compleja puede hacerse familiar. Se tiende, por tanto, a darle una buena forma, eliminando la información discrepante, disonante, demasiado difícil, irrelevante, tratando de mantener sólo lo que es conocido, familiar, significativo, regular, simétrico.

Por lo tanto, «le Gestalt semplici si impongono alla percezione più facilmente di quelle complesse, quelle regolari si ricordano meglio di quelle irregolari, quelle chiare si comprendono più rapidamente di quelle confuse». Para facilitar la atención y la percepción de los alumnos, basta con crear “buenas formas” conceptuales. (Polito, 2005)

Según M. Wertheimer, todos los factores de la organización perceptiva pueden entenderse según el principio de la pregnancia; cuando una lección se presenta de forma clara, está bien estructurada y esto facilita la percepción de la conexión de cada enunciado con el núcleo temático, respetando la esencialidad y asociando un significado específico y evidente a cada concepto clave. Cuando, por el contrario, la lección tiene una “forma fea”, confusa, caótica, enrevesada, se experimenta una sensación de desorientación e insatisfacción conceptual.

Por último, se percibe mejor lo que puede encajar en los patrones ya adquiridos. La experiencia pasada representa una fuente de orientación recogida en el fondo, que, en la Teoría de la Gestalt,

se considera un espacio dinámico y fértil. En este sentido, el proceso de aprendizaje da lugar a una reestructuración continua de la figura-fondo. Al centrarse en la figura que emerge del fondo, se desprende de él.



Utilizando el efecto de contraste figura-fondo, es decir, aislando un concepto y colocándolo en primer plano, se impone más fácilmente en la percepción de los alumnos. Sin embargo, la figura debe estar bien delineada, poseyendo un contorno claramente marcado, de lo contrario se corre el riesgo de crear una incómoda sensación de ambigüedad o confusión, favoreciendo el desarrollo de una alteración de la atención y de la concentración.

El efecto von Restorff es una aplicación particular del efecto de contraste figura-fondo. Von Restorff (1927) señaló que el elemento aislado se convierte en figura y el resto en fondo. El uso sistemático del efecto von Restorff en el aula crea una atención considerable en los alumnos. En lugar de seguir convenciendo a los alumnos para que estén más atentos, es mejor utilizar este efecto perceptivo, que consiste en aislar un elemento dentro de un conjunto. Esta estrategia es suficiente para lograr un buen nivel de atención. La atención, en este sentido, puede definirse como la capacidad de utilizar con flexibilidad el efecto de contraste figura-fondo para guiar nuestra mente. Nos permite establecer lo que debe emerger en la figura y lo que debe permanecer en segundo plano; consiste, por tanto, en una selección de la información: somos nosotros, de hecho, los que elegimos dirigir nuestra atención a algunos aspectos mientras descuidamos temporalmente otros.

Como hemos visto, estos principios pueden ayudar al profesor y al alumno a reorganizar los datos eligiendo los más significativos, es decir, los que forman parte de una Gestalt más evidente, más estructurada. (Polito, 2005)

La aportación que, sin embargo, más ha influido en la glotodidáctica está bien presentada en las palabras de Mezzadri (2017, p. 36), según el cual la Teoría de la Gestalt «ha incoraggiato lo sviluppo di una cornice metodologica determinata dalla percezione e dall'elaborazione dell'input esterno che porta a un approccio didattico da molti considerato essenziale per lo sviluppo dei processi di apprendimento linguistico».

La teoría de la Gestalt describe la percepción como una secuencia de tres fases: globalidad-análisis-síntesis. Como afirma Balboni, en el estudio de una lengua extranjera cada evento comunicativo que se presenta al alumno debe ser explorado a través de las tres etapas de la percepción Gestalt: inicialmente de forma global realizando actividades antes, durante y después de la exposición al input, tras lo cual se puede pasar de la globalidad a una comprensión cada vez más detallada abordando el texto de forma analítica. Por último, el alumno debe llegar de la manera más autónoma posible a una síntesis y reflexión que permita que el aprendizaje evolucione hacia la adquisición, de manera que la nueva información se acomode en la mente junto con el patrimonio preexistente. (Balboni, 2015, p.73)

La implementación de la secuencia gestáltica dentro de la Unidad de Aprendizaje permite, finalmente, la creación por parte de los alumnos del llamado pensamiento productivo que se produce a través de la organización de los contenidos en una forma bien estructurada.

La manera de estructurarse en formas perceptivas depende de la acción de las fuerzas inherentes al campo en el que se encuentran estos elementos. (Zudini, p.37)

El Modelo de Campo propuesto por la teoría de la Gestalt es válido tanto en el mundo de la fisiología como en el de la psicología, ya que, entre el mundo fenoménico, objeto de estudio de la psicología, y el mundo fisiológico, campo de investigación de la fisiología, existe un “isomorfismo”, es decir, una identidad estructural, que se reflejaría en la identidad de las leyes estructurantes de los dos mundos.

Según el postulado del isomorfismo, toda manifestación a nivel fenoménico tendría una contrapartida en procesos a nivel cerebral con características funcionalmente idénticas; en otras

palabras, la forma, la estructura y la dinámica del mundo fenoménico se reflejarían en las del sistema nervioso central.

La Teoría del Campo representa un modelo de la mente, aplicable no sólo a la percepción, sino a las funciones psíquicas en general. (Zudini, 2014, pp. 41-43)

En cuanto a la naturaleza del pensamiento y del proceso de resolución de problemas, los estudiosos de la Gestalt plantearon la hipótesis de que, al igual que en el caso de la percepción, el pensamiento también estaba organizado por la mente con tendencia a captar una estructura.

En concreto, Köhler estudió la capacidad de resolución de problemas de los primates realizando experimentos con chimpancés. Cuando se enfrentaban a una situación problemática, por ejemplo, agarrar un plátano por encima de los barrotes de la jaula en la que estaban confinados utilizando palos o cajas, se mostraban capaces de resolverla de forma repentina, mediante un proceso mental denominado “*einsicht*” (en alemán), “*insight*” (en inglés), tras haber probado sin éxito una serie de soluciones diferentes.

Gracias a este proceso, el animal reorganizó los elementos presentes en su campo de visión desde el principio, haciendo que adquirieran, en el momento de su utilización para la resolución del problema, un nuevo valor: el palo pasó a ser funcional para acercar el plátano a él. (Zudini, pp. 43-44)

Según Köhler, que contrastó el modelo de aprendizaje por “prueba y error” elaborado y propuesto con fuerza por el conductismo, «lo scimpanzé (...) arrivava a una soluzione efficace che non era una semplice somma delle esperienze passate e delle condizioni presenti, ma qualcosa di nuovo e di diverso, di immediato e di creativo, che portava ad una nuova visione del problema nella sua globalità». (Zudini, p. 44)

También el hombre, al encontrar la solución a un problema, sintió la tensión y buscó el equilibrio mediante una reorganización de las fuerzas mentales. Esta reorganización, llevada a cabo a través del *insight*, eliminó la tensión y reveló la verdadera naturaleza del problema. De este modo, se pudo llegar a la resolución del problema. (Zudini, pp. 43-44)

Polito (2005) define el *insight* como «una ristrutturazione di dati e di relazioni che non erano state percepite prima». De hecho, según este modo, elementos diferentes y fragmentados se unen de repente para formar una nueva Gestalt.

Sin embargo, por desgracia, la mayoría de las enseñanzas actuales no se basan en el *insight*, sino sólo en la introyección y la repetición mecánica de lo que se ha introyectado.

El *insight* es una metodología que puede enseñarse y aprenderse a través de la estimulación continua para producir estructuras alternativas, en lugar de utilizar soluciones preconfeccionadas. (Polito, 2005)

El aprendizaje, según la Teoría de la Gestalt, no consiste en la acumulación de datos ni en la repetición de asociaciones estímulo-respuesta: corresponde a la reestructuración del campo perceptivo-cognitivo, que incluye la relación entre las propias necesidades y los elementos presentes en el entorno, para llegar a la solución de un problema.

A este respecto, Polito (2005) explica que «l'attività didattica di insegnamento e l'attività dell'apprendimento sono efficaci quando facilitano l'attività di organizzazione e riorganizzazione continua delle conoscenze e delle informazioni. Insegnare bene significa aiutare gli studenti a dare forma ed organizzazione alle proprie conoscenze e alla propria mente. In tale prospettiva è necessario prendersi cura del modo in cui gli studenti elaborano, sistemano, strutturano e ristrutturano le informazioni che ricevono dall'insegnante o dal libro di testo (...) quindi il punto focale della lezione dell'insegnante non è più la presentazione delle informazioni, ma la loro ri-costruzione».

Wertheimer también se ocupó del pensamiento. En sus estudios sobre el pensamiento, "*Productive thinking*" (1945), llegó a la conclusión de que «il pensiero era da ritenersi creativo ("produttivo"), in quanto, posto di fronte ad una situazione problematica, produceva soluzioni non in base a mere associazioni (di prove ed errori), ma attraverso un processo di ristrutturazione e riorganizzazione globale della situazione stessa, di tutti i suoi elementi e dei loro significati funzionali e relazioni reciproche, detto "(ri)centramento"». (Zudini, p. 45)

Por lo tanto, según el experto, ser capaz de pensar de forma productiva no significa limitarse a utilizar los conocimientos previamente adquiridos y aplicarlos mecánicamente sin observar la

novedad de la situación y sin reestructurarla, sino, por el contrario, ser capaz de generar soluciones nuevas y originales adecuadas a la situación.

El profesor que adopta el enfoque gestáltico de M. Wertheimer del “pensamiento productivo” presenta una situación problemática a los alumnos y les sugiere dirigirse a su interior y encontrar la reestructuración y las soluciones necesarias para este problema. Al hacerlo, crea una discrepancia en la mente del alumno entre lo que sabe y lo que no sabe y la necesidad de reequilibrar la disonancia le impulsa a encontrar nuevas soluciones.

La intervención resulta aún más eficaz si el profesor ayuda a los alumnos a percibir sus propias necesidades cognitivas ofreciéndoles experimentos de aprendizaje y tareas que supongan un reto para la inteligencia y que permitan a cada uno experimentar y probar cómo funciona su propia mente, para poner a prueba su pensamiento. Esta estrategia conduce a la reestructuración y la comprensión que, según la teoría de la Gestalt, constituyen la esencia del verdadero aprendizaje.

La teoría de la Gestalt también reconoce la importancia fundamental del tiempo. Lo que falta en las escuelas es el tiempo de reelaboración y asimilación. A menudo, a los profesores les asaltan las prisas por terminar el temario, pero las prisas impiden la asimilación, ya que no permiten a los alumnos considerar muchos factores útiles para resolver el problema.

Según la Teoría de la Gestalt, también es necesario potenciar la necesidad de aprender de los alumnos centrándose en la estimulación de las necesidades de aprendizaje y utilizando los contenidos de la propia disciplina para “crear”, hacer aflorar, la atención, el interés, la curiosidad.

Actualmente, en las escuelas, rara vez se tienen en cuenta las necesidades de conocimiento del alumno. A menudo los profesores sólo se centran en llevar a cabo el programa de estudios, que no se reestructura y reformula en función de las necesidades e intereses de los alumnos.

Por ello, es inevitable que haya desmotivación, falta de interés y una tendencia de los profesores a utilizar amenazas y castigos para llamar la atención de los alumnos. Sin embargo, presentando la asignatura con entusiasmo, el profesor puede conseguir despertar en los alumnos el deseo de aprender.

Además, el profesor, según la perspectiva de la Gestalt, no sólo debe estimular a cada alumno para que se ocupe de su propio aprendizaje, sino también para que comparta sus recursos cognitivos y afectivos en el grupo de clase, transformando la escuela en un verdadero lugar de asimilación, reelaboración y nueva construcción colectiva del conocimiento en el que se valora la diversidad y se recibe un gran número de estímulos.

De hecho, según la Teoría de la Gestalt, se aprende de forma eficaz cuando se entra en contacto con el otro y se comparte con él el mapa cognitivo, las emociones, las visiones y la Gestalt.

Hasta ahora, profesores y alumnos no han valorado el grupo de clase como grupo para compartir y apoyar el aprendizaje, limitándose a considerarlo como un conjunto de personas que pasan el tiempo juntas y comparten espacios.

K. Lewin, por su parte, considera al grupo en su totalidad y subraya el hecho de que «il gruppo non è dato dalla somma numerica delle persone che lo compongono, ma è un'entità strutturata e unitaria, le cui caratteristiche non sono riconducibili a quelle di ciascun elemento del gruppo». (Polito, 2005) Esta última afirmación nos remite a la afirmación que se ha hecho famosa como una especie de eslogan de la escuela Gestalt, “el todo es más que la suma de las partes”.

La Teoría de la Gestalt es, por tanto, un gran recurso, potencialmente capaz de facilitar los procesos de aprendizaje y enseñanza y de renovar tanto la relación educativa como la didáctica.

De hecho, puede aportar numerosas indicaciones para dar vigor teórico y fecundidad práctica al ámbito pedagógico, pero las críticas que recibe se refieren precisamente a su aplicación en el contexto escolar. Como afirma Polito (2005), estudios dedicados a la relación entre la Gestalt y el aprendizaje «si limitavano a trasferire in ambito educativo i temi fondamentali della clinica gestaltica (...). In altri termini, si applicava la Gestalt all'insegnamento, senza ripensarla teoricamente o ristrutturarla in modo coerente. Tali applicazioni della Gestalt alla didattica erano il frutto di psicoterapeuti gestaltisti che erano passati all'insegnamento, ma senza elaborare una adeguata ristrutturazione pedagogica della Gestalt».

Muchos gestaltistas, de hecho, han aplicado la Gestalt a la didáctica trasladando apresuradamente el enfoque clínico a la enseñanza, descuidando las premisas teóricas de la Psicología Gestalt y sin adaptarlas al ámbito pedagógico.

Así, se acusa a este enfoque de la Gestalt aplicado a la enseñanza de superficialidad teórica. La didáctica moderna descuida la percepción, la inteligencia, la memoria, la creatividad, la perspicacia que propone la Teoría de la Gestalt, que se limita a ser considerada una bella técnica humanista centrada en la comunicación auténtica y personal. (Polito, 2005)

1.4 Bimodalidad y direccionalidad

Los estudios sobre la secuencia gestáltica pueden relacionarse con la vertiente neurocientífica de la investigación y, en particular, con los estudios de Danesi.

A finales de los años noventa, se había generalizado el fenómeno de la laterización, según el cual los hemisferios derecho e izquierdo funcionaban de forma completamente separada. Estos estudios dieron lugar a la distinción entre personas cerebrodextrales y cerebrosintrales: se pensaba que las primeras tenían una mente más predispuesta al razonamiento global; se creía que las segundas eran más racionales y metódicas.

Los estudios de Marcel Danesi recogidos en los volúmenes *“Neurolinguistica e glottodidattica”* (1988) y *“Il cervello in aula”* (1998) representaron un importante punto de inflexión para estas teorías, ya que elaboró los conceptos de bimodalidad y direccionalidad.

El término bimodalidad sugiere que ambos modos del cerebro están implicados en la comunicación lingüística.

De hecho, ambos hemisferios colaboran de forma complementaria en los distintos actos de cognición y, aunque cada uno se especializa en determinadas tareas, no constituyen un sistema rígido. Ambos modos deben integrarse para que toda la mente del alumno participe en el proceso de adquisición de la lengua. Por lo tanto, según el concepto de bimodalidad, el aprendizaje de idiomas se convierte en un proceso comunicativo global sólo cuando la instrucción tiene como objetivo activar los dos hemisferios de forma complementaria. (Danesi, 1988, p. 95)

El concepto de bimodalidad está flanqueado por el de direccionalidad, según el cual «le informazioni arrivano al cervello passando dall'emisfero destro a quello sinistro». (Mezzadri, 2015, p. 87)

En concreto, las modalidades contextualizadoras de las primeras permiten procesar la mayor cantidad de información posible en el menor tiempo posible, aunque no sea de forma detallada; mientras que las modalidades analíticas de las segundas permiten una descodificación más detallada de la información y su organización en los esquemas conceptuales existentes.

Según las teorías expuestas por Danesi, para favorecer el proceso de adquisición lingüística es, por tanto, necesario entrar en la mente del aprendiz a través del M/DS (el complejo de modalidades psíquicas asociado al hemisferio derecho), estimulando sus funciones de pensamiento de tipo global para activar indirectamente las analíticas del M/SN (el complejo de modalidades psíquicas asociado al hemisferio izquierdo).

Por lo tanto, es esencial estimular una enseñanza de tipo inicialmente vivencial que gradualmente se vuelve más formalista. El M/DS suele encargarse de descifrar un estímulo o una tarea a aprender que es cognitivamente "desconocida", mientras que el M/SN tiene dificultades para descifrar una información para la que no se dispone de códigos y programas cognitivos preexistentes.

En este sentido, la enseñanza debe empezar por activar las funciones del M/DS para que el cerebro almacene el nuevo input según su contenido y terminar con una activación incremental del M/SN mediante técnicas de enseñanza cada vez más formales. (Danesi, 1998)

De la formulación de estos dos conceptos se deriva una importante consecuencia a nivel didáctico y, más concretamente, a nivel glotodidáctico: en el proceso de enseñanza de una lengua, es frecuente la tendencia, sobre todo en los enfoques formalistas, a comenzar con el estudio analítico de la gramática (que implica principalmente al hemisferio izquierdo) para llegar después a la comprensión global de una lengua (que implica el uso del hemisferio derecho).

Sin embargo, teniendo en cuenta los principios de bimodalidad y direccionalidad, este planteamiento no sólo sería erróneo, sino incluso contrario a la naturaleza. Para que se produzca la adquisición natural, sería necesario utilizar primero el hemisferio derecho y luego el izquierdo. La gramática se convertiría así en la última etapa del proceso de adquisición de la lengua. Por lo tanto, puede decirse que sólo los modelos de naturaleza inductiva actúan "según la naturaleza". (Begotti, p. 5)

En este sentido, Balboni (2015, p. 68) reflexiona sobre las aplicaciones de estos dos principios en el ámbito de la enseñanza de la lengua, afirmando que: el esquema de la Unidad Didáctica elaborado por Giovanni Freddi se basa en un juego armónico de referencias cruzadas entre los dos hemisferios: de la fase de motivación, que integra las emociones y curiosidades del cerebro derecho con el análisis de las necesidades del cerebro izquierdo, se pasa a una fase de globalidad (modalidad derecha) a la que sigue el análisis del lenguaje (modalidad izquierda) para llegar a la síntesis final.

Es decir, en las primeras fases (de la acción didáctica) motivamos la adquisición involucrando, de manera bimodal, la dimensión afectiva (el placer de comunicarse en otra lengua, la curiosidad ante una cultura diferente: modo derecho) y la dimensión lógica (necesidades lingüísticas, profesionales, existenciales: modo izquierdo), luego presentamos el material de manera contextualizada, sensorial y rica en connotaciones culturales (modo derecho), y finalmente formalizamos el análisis con técnicas asociadas al modo izquierdo (ejercicios, reflexión sobre la lengua, explicaciones gramaticales, etc.).)

Los resultados derivados de las teorías de Danesi fueron sorprendentes para quienes se acercaban al mundo de la glotodidáctica ya que, en apariencia, los principios neurocientíficos elaborados por el académico permitían interpretar muchas de las opciones didácticas. La visión bimodal del cerebro, con una clara división entre las funciones de los hemisferios izquierdo y derecho, pudo justificar los procesos de aprendizaje de idiomas e influyó en las elecciones metodológicas en el aula.

Además, la secuencia gestáltica globalidad-análisis-síntesis refleja tanto el principio de bimodalidad como el de direccionalidad: el planteamiento global implica la participación del hemisferio derecho, el planteamiento analítico posterior ve la acción del hemisferio izquierdo y, finalmente, la fase de síntesis viene dada por una interacción de los dos hemisferios.

1.5 Los límites de las teorías en las que se basa el Modelo de Unidad de Aprendizaje

Utilizando las palabras de Mezzadri (2017, p. 38), considerando estas teorías como válidas «si confermavano ipotesi didattiche fondate sui contributi gestaltici, giungendo in un certo senso a chiudere il cerchio, avendo individuato anche gli aspetti legati alla fisiologia del cervello che andavano a sostenere tesi di tipo comportamentale e le conseguenti ricadute didattiche».

Sin embargo, «quelle “verità” non erano tali, ma il frutto di una visione apodittica del nostro cervello, che aveva causato non solo in Italia e non solo nell’ambito della didattica delle lingue, una sorta di deriva, a tal punto da spingere l’OCSE a prendere posizione contro le interpretazioni in campo educativo di certe teorie sulla dominanza cerebrale» (Mezzadri, 2017, p. 38).

La teoría de Danesi representa, de hecho, un intento de llevar las teorías de predominio cerebral al ámbito de la enseñanza de idiomas y encarna lo que el informe de la OCDE (2002) estigmatiza por la concepción que propone de la especialización hemisférica. Hace hincapié en las funciones del hemisferio derecho, lo que lleva a condenar las distorsiones causadas por la excesiva atención que se presta en el mundo de la educación a las habilidades atribuidas al hemisferio izquierdo. (Mezzadri, 2015, p.13).

Según Daloiso, además, aunque loables, los estudios de Danesi tendían a simplificar la complejidad de los procesos neurobiológicos que subyacen al aprendizaje del lenguaje y a generalizar mecanismos que, en cambio, son el resultado de un largo proceso de maduración y que, por tanto, no pueden ser iguales en todas las fases de nuestra vida. (Daloiso, 2006)

Además, estas teorías han producido «alcuni stereotipi, tanto diffusi quanto pericolosi: per esempio l’idea di un certo determinismo su base genetica (da un certo tipo di cervello deriverebbero certe attitudini e competenze) e di conseguenza la convinzione che la didattica trovi nell’organismo i propri limiti per così dire naturali e inaggirabili». (Rivoltella, 2012, p. 6)

Han demostrado ser muy atractivas para quienes trabajan en educación y han facilitado a los glotodidactores convencer a profesores, estudiantes, autores de libros de texto, etc., de las propuestas metodológicas que surgen de una perspectiva basada en la Teoría de la Gestalt. (Mezzadri, 2015, p. 158) Sin embargo, el riesgo de la aplicación directa de estos principios en la educación puede verse en la introducción de metodologías basadas en nociones erróneas.

1.6 Breve resumen Capítulo 1

Desde los años 60, se ha establecido el concepto de “Unidad Didáctica” en el ámbito de la glotodidáctica, que, sin embargo, se centraba principalmente en el proceso de enseñanza y era demasiado rígido.

Por lo tanto, la “Unidad de Aprendizaje”, una molécula matemática que constituye la Unidad Didáctica más amplia, fue adoptada por la Glotodidáctica como un nuevo modelo operativo.

La Unidad Didáctica, entendida como una red de Unidades de Aprendizaje, tiene seis fases: motivación, globalidad, análisis, síntesis, reflexión y control.

“Globalidad-análisis-síntesis” corresponden a los tres momentos de la percepción Gestalt y caracterizan la Unidad de Aprendizaje. Esta última, de hecho, se basa en la Teoría de la Gestalt y en los principios de bimodalidad y direccionalidad propuestos por M. Danesi.

Aunque estas teorías reflejan con precisión las opciones metodológicas utilizadas en el aula, su aplicación en la educación no parece tener una validez científica demostrada.

Capitolo 2

Neuroscienze e apprendimento

Esplorando le aree cerebrali è possibile comprendere quali meccanismi sono implicati nei processi di apprendimento. Pertanto, dato che tutte le teorie su come il cervello dia origine alla mente devono combinarsi con le componenti fisiche del sistema nervoso, è fondamentale innanzitutto descriverne la struttura, comprendere l'anatomia e la fisiologia di base dei neuroni che lo compongono ed esaminare i principi legati alle strutture neurali che supportano la cognizione (Gazzaniga, Ivry, Mangun, 2021, p. 22)

2.1 Struttura del sistema nervoso

Dall'analisi delle principali regioni del sistema nervoso, responsabili della comunicazione neurale, si rileva che esso si divide in sistema nervoso centrale (SNC) e sistema nervoso periferico (SNP). Se il primo può essere considerato responsabile del comando e del controllo, il secondo funge da grande rete di trasmissione delle informazioni sensoriali al sistema nervoso centrale. (Gazzaniga, Ivry, Mangun, 2021, p. 40)

2.1.1 Sistema nervoso centrale

Il sistema nervoso centrale è costituito dall'encefalo e dal midollo spinale, entrambi avvolti in tre membrane protettive, le meningi. Tra la membrana più esterna e quella intermedia vi è il fluido cerebrospinale (FCS) in cui è sospeso il cervello. Nel sistema nervoso centrale un numero variabile da centinaia a milioni di neuroni con input e output funzionalmente simili è raggruppato in nuclei, situati sia nell'encefalo sia nel midollo spinale.

La corteccia cerebrale del cervello possiede, invece, miliardi di neuroni organizzati in strati. Anche il cervelletto è una struttura fortemente stratificata che contiene altrettanti neuroni oltre a possedere zone grigie e bianche: la materia grigia è formata dai corpi delle cellule neuronali mentre la materia bianca da assoni e cellule gliali. (Gazzaniga, Ivry, Mangun, 2021, p. 41-42)

Il midollo spinale decorre dal tronco encefalico a partire dalla prima vertebra spinale fino alla sua estremità terminale, nella cosiddetta cauda equina. È racchiuso nella colonna vertebrale,

una struttura formata da una serie di ossa separate, le vertebre, che si estendono dalla base del cranio sino al coccige. Il midollo spinale, inoltre, è costituito da 31 segmenti e ciascun segmento, sia sulla destra sia sulla, presenta un nervo spinale.

Ogni nervo spinale presenta assoni sia di natura sensoriale, sia di natura motoria: il neurone afferente trasporta gli input sensoriali all'interno del midollo, il neurone efferente trasporta l'output motorio lontano da esso.

Il tronco encefalico è composto da tre parti principali: il midollo allungato (o mielencefalo), il ponte (o metencefalo) e il mesencefalo. Queste tre sezioni si trovano tra il midollo spinale e il diencefalo. Il midollo allungato e il ponte, insieme al cervelletto, costituiscono il rombencefalo.

Il diencefalo, invece, è costituito dal talamo e dall'ipotalamo: il talamo è la struttura diencefalica più voluminosa, l'ipotalamo rappresenta il principale collegamento tra il sistema nervoso e il sistema endocrino.

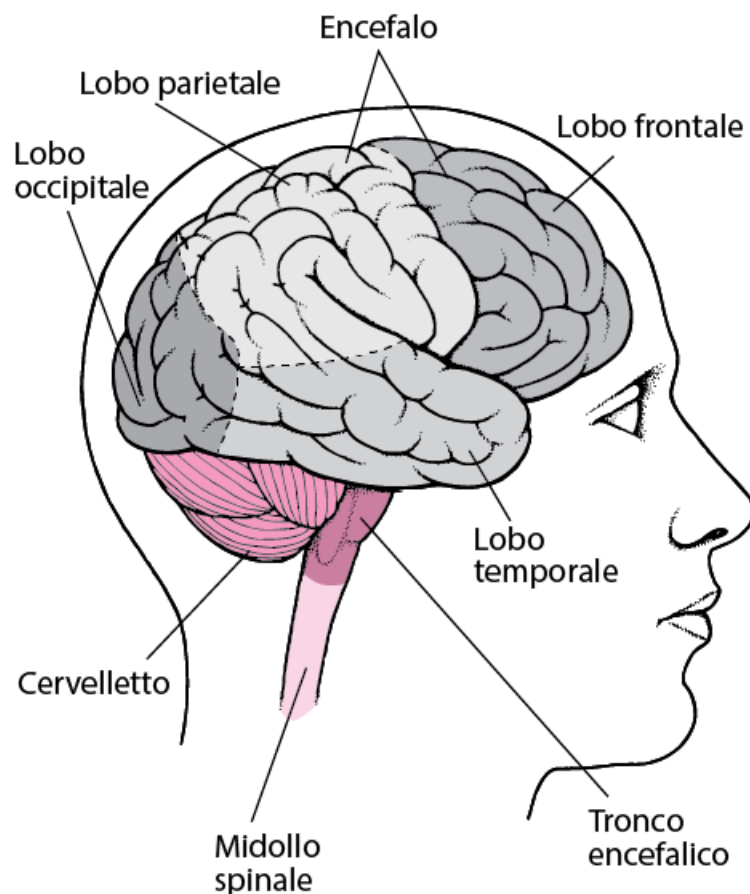
Il telencefalo si sviluppa nel *cerebrum* ed è composto da due emisferi, separati tra loro da una scissura interemisferica, che si scambiano informazioni attraverso le fibre nervose del corpo calloso. Esso rappresenta il principale centro di integrazione delle informazioni del SNC: controlla i muscoli coinvolti nel movimento volontario così come i muscoli involontari ed è la sede di tutte le attività intellettuali; di conseguenza è coinvolto in tutte le funzioni percettive, motorie e cognitive.

Esso include la maggior parte delle strutture del sistema limbico, i gangli della base e la corteccia cerebrale. Fanno parte del sistema limbico l'amigdala e l'ippocampo. Lo strato di tessuto esterno di ciascun emisfero, la corteccia, si suddivide in quattro regioni principali (o lobi): il lobo frontale, il lobo parietale, il lobo temporale e il lobo occipitale. (Gazzaniga, Ivry, Mangun, 2021, pp. 45-54)

Gli studiosi dell'architettura cerebrale, partendo dalla teoria del neurone e delle sue connessioni, hanno messo in evidenza che i meccanismi cellulari responsabili delle nostre facoltà cognitive hanno sede soprattutto nella corteccia cerebrale, vale a dire nella materia grigia, dalla superficie ondulata, che ricopre i due emisferi cerebrali. (Mesulam, 2000).

Attraverso le tecniche di neuroimmagine, che oggi vengono usate per valutare l'attività metabolica delle singole regioni cerebrali mentre il soggetto è intento a svolgere compiti specifici in condizioni controllate, hanno dimostrato che ciascun tipo di comportamento interessa regioni cerebrali specifiche.

Il lobo frontale è in larga misura interessato ai processi della memoria a breve termine, alla pianificazione delle azioni future e al controllo del movimento; il lobo parietale presiede alle sensazioni somatiche e alla formazione di immagini corporee che poi mette in relazione con lo spazio extracorporeo; il lobo occipitale è l'area in cui ha inizio l'elaborazione visiva; il lobo temporale è la sede dell'elaborazione uditiva e, tramite le sue strutture profonde che sono rappresentate dai nuclei dell'ippocampo e dell'amigdala, ha a che fare con l'apprendimento, la memoria e gli stati emotivi. (Gazzaniga, Ivry, Mangun, 2021, pp. 56-60)



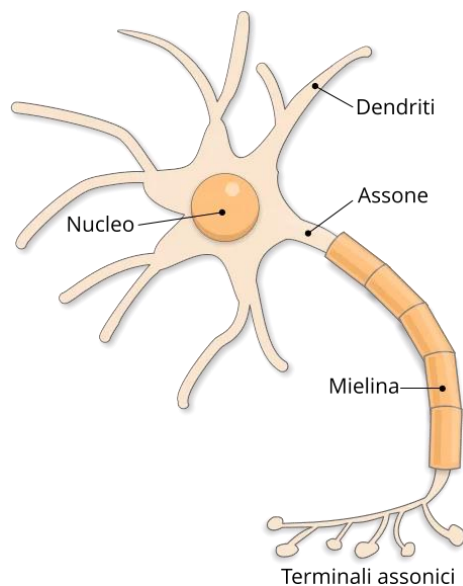
2.1.2 Neuroni e cellule gliali

Per quanto riguarda le cellule che compongono il sistema nervoso, esse si distinguono in neuroni e cellule gliali.

I neuroni sono le unità fondamentali di elaborazione dei segnali che trasmettono l'informazione in tutto il sistema nervoso. Essi ricevono informazioni e, in un secondo momento, tramite variazioni nel loro livello di attività, trasmettono i segnali ad altri neuroni.

I neuroni sono costituiti dagli elementi cellulari standard trovati in quasi tutte le cellule eucariote ma possiedono anche caratteristiche citologiche e proprietà fisiologiche uniche che gli consentono di trasmettere ed elaborare l'informazione rapidamente.

Le due componenti cellulari predominanti, uniche nei neuroni, sono i dendriti e gli assoni. (Gazzaniga, Ivry, Mangun, 2021, pp. 23-25) Entrambi hanno origine dal corpo cellulare del neurone.

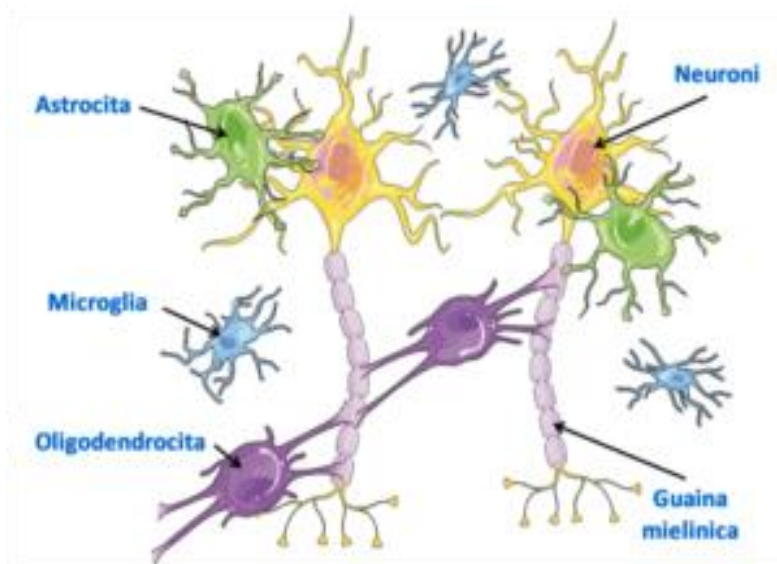


I dendriti, che si trovano ad un'estremità, formano una struttura ramificata dalla classica forma ad albero e servono a ricevere i segnali in entrata che provengono da altri neuroni. (Presti, 2019, p. 24)

Gli assoni, all'altra estremità, rappresentano l'output cioè la via di uscita del neurone, lungo la quale i segnali elettrici scendono fino alle terminazioni assoniche e svolgono il compito di veicolare le informazioni verso altri neuroni. (Gazzaniga, Ivry, Mangun, 2021, p. 25)

Le cellule gliali svolgono, anch'esse, svariate funzioni nel sistema nervoso: forniscono sostegno strutturale e l'isolamento elettrico dei neuroni, oltre alla modulazione dell'attività neuronale.

Vi sono approssimativamente tante cellule gliali quanti neuroni. In particolare, il sistema nervoso centrale presenta tre principali tipi di cellule gliali: gli astrociti, le cellule della microglia e gli oligodendrociti.



Gli astrociti sono grandi cellule gliali di forma arrotondata o radialmente simmetrica che circondano i neuroni e che entrano in contatto con i vasi sanguigni cerebrali. I cosiddetti pedicelli terminali consentono a queste cellule di trasportare ioni attraverso la parete vascolare. Gli astrociti generano una barriera, detta barriera ematoencefalica (BBB, blood-brain barrier) tra il sangue e i tessuti del sistema nervoso centrale. Questa barriera gioca un ruolo di importanza vitale nel proteggere il sistema nervoso centrale da agenti ematici che possono indebitamente influenzare l'attività neuronale.

Le evidenze accumulate durante l'ultima decade mostrano come gli astrociti abbiano anche un ruolo attivo nella funzionalità cerebrale. Studi in vitro indicano, infatti, che oltre a rispondere a neurotrasmettitori e ad altre sostanze neuroattive, anch'essi rilasciano molecole che influenzano

l'attività neuronale e modulano la forza del contatto sinaptico. Studi in vivo hanno riscontrato che quando l'attività degli astrociti viene bloccata, l'attività neurale aumenta.

Le cellule gliali formano anche una sostanza grassa nel sistema nervoso chiamata mielina. Nel sistema nervoso centrale, la produzione di questa sostanza è opera degli oligodendrociti; nel sistema nervoso periferico, questo compito è svolto dalle cellule di Schwann.

La mielina è un buon isolante elettrico, che previene la perdita di corrente elettrica attraverso la membrana della cellula. Aumenta inoltre la velocità e la distanza con cui l'informazione può viaggiare attraverso il neurone. Le cellule della microglia, piccole e di forme irregolare, sono fagociti che divorano ed eliminano le cellule danneggiate. (Gazzaniga, Ivry, Mangun, 2021, p. 23)

2.1.2.1 Trasmissione sinaptica

La connessione tra neuroni permette lo scambio di informazioni necessario per la gestione del corpo e lo sviluppo di processi mentali.

La comunicazione, che consiste nella trasmissione e nella ricezione dei segnali, si svolge in un'area di relazione composta da tre elementi: la terminazione presinaptica dell'assone, l'area postsinaptica del dendrite e lo spazio vuoto tra di esse. Quest'ultimo prende il nome di fessura sinaptica. L'insieme di questi tre elementi è detto sinapsi. (Presti, 2019, p. 25)

Utilizzando le parole di Gazzaniga, «la sinapsi è una struttura specializzata in cui due neuroni risultano in stretto contatto, in modo tale che segnali chimici o elettrici possano essere passati da una cellula all'altra». (Gazzaniga, Ivry, Mangun, 2021, p. 25)

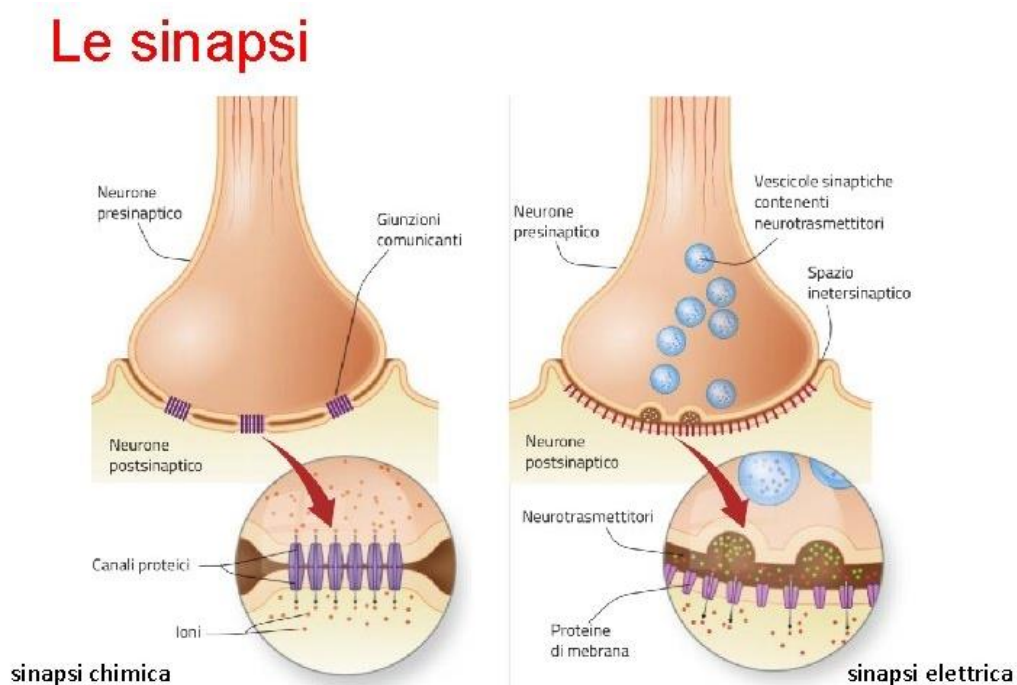
Nonostante la maggior parte degli studi sulle sinapsi si sia focalizzata sulla comunicazione tra neuroni, oggi sappiamo che le connessioni sinaptiche riguardano anche le cellule gliali. (Presti, 2019, p. 85)

I processi svolti dai neuroni sono definiti "elaborazione dei segnali neuronali". Le informazioni ricevute dal neurone tramite la sinapsi di input passano attraverso il corpo cellulare e poi, attraverso l'assone, alle sinapsi di output nei terminali assonici.

A livello di queste sinapsi di output, l'informazione viene trasferita attraverso le sinapsi da un neurone all'altro, o a cellule non neuronali come quelle nei muscoli o nelle ghiandole, o ad altri target, come i vasi sanguigni.

All'interno di un neurone le informazioni si muovono dalle sinapsi di input a quelle di output attraverso modificazioni della condizione elettrica del neurone causate dal flusso di correnti elettriche all'interno del neurone e attraverso la membrana neuronale. (Gazzaniga, Ivry, Mangun, 2021, p. 26)

Esistono, però, due principali tipologie di sinapsi: elettrica e chimica.



La sinapsi elettrica è costituita da gruppi di proteine che formano canali nelle membrane di due cellule adiacenti. Ogni canale è chiamato connessione ed ogni connessione è formato da varie proteine componenti chiamate connesine. Una sinapsi elettrica si realizza quando una o più coppie di connessioni si uniscono, permettendo il passaggio di ioni direttamente da una cellula all'altra.

In questo tipo di sinapsi gli ioni possono fluire rapidamente da una cellula all'altra, dando luogo ad una propagazione molto rapida dei cambiamenti del potenziale di membrana tra le cellule.

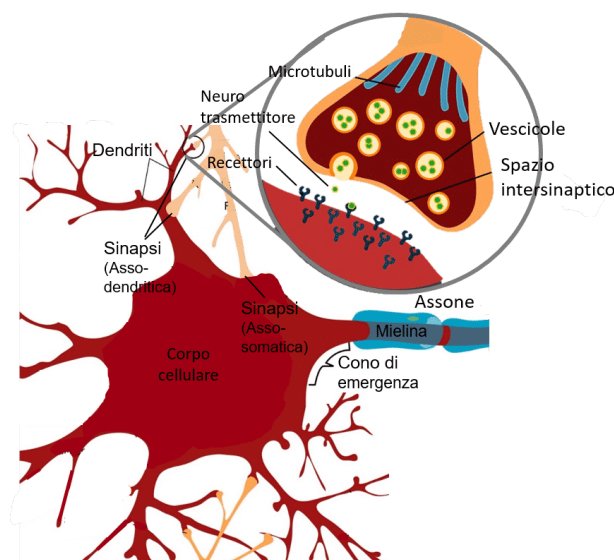
La segnalazione mediata dalle sinapsi elettriche è molto semplice: si tratta di una comunicazione di concentrazione ionica o cambiamenti del potenziale di membrana da una cellula all'altra e anche del trasferimento di piccole molecole con funzioni di regolazione all'interno delle cellule. (Presti, 2019, p. 85)

Nelle sinapsi elettriche, i segnali tra neuroni viaggiano attraverso correnti elettriche transinaptiche. Per ciò che concerne il flusso di informazioni, i neuroni vengono definiti presinaptici o postsinaptici in base a ciascuna particolare sinapsi.

I neuroni sono per la maggior parte sia presinaptici sia postsinaptici: sono presinaptici quando le sinapsi di output dell'assone entrano in contatto con altri neuroni o target; sono postsinaptici quando altri neuroni entrano in contatto a livello delle sinapsi di input con i loro dendriti o con qualsiasi altro punto del neurone ricevitore.

Tra neuroni il trasferimento di informazioni è mediato, in genere, chimicamente dai neurotrasmettitori. Una molecola, per essere considerata un neurotrasmettitore, deve essere sintetizzata dal neurone presinaptico, essere situata al suo interno e rimanere nella terminazione presinaptica prima del rilascio. Inoltre, essa deve essere rilasciata solo quando i potenziali d'azione depolarizzano la terminazione. (Gazzaniga, Ivry, Mangun, 2021, p. 26)

Il neurone postsinaptico deve connettere recettori specifici per il neurotrasmettitore in questione. Infine, il neurotrasmettitore deve provocare la stessa risposta che deriverebbe dalla stimolazione del neurone presinaptico. (Gazzaniga, Ivry, Mangun, 2021, p. 33)



Cherry, nel suo articolo *“The Role of Neurotransmitters”* definisce il neurotrasmettitore «a chemical messenger that carries, boosts, and balances signals between neurons and target cells throughout the body».

Essi lavorano in modo costante per mantenere il cervello in funzione, gestendo la respirazione, il battito cardiaco, i livelli di apprendimento e concentrazione, influenzando anche una varietà di funzioni psicologiche come paura, umore, piacere e gioia.

Vi sono differenti tipi di neurotrasmettitori e possono essere classificati sia biochimicamente, sia in base all'effetto che inducono nel neurone postsinaptico: i neurotrasmettitori eccitatori aumentano la probabilità che il neurone attivi un potenziale d'azione e alcuni dei principali includono l'adrenalina e la noradrenalina; i neurotrasmettitori inibitori diminuiscono la probabilità che il neurone attivi un potenziale d'azione e tra i principali troviamo la serotonina e acido gamma-aminobutirrico (GABA); i neurotrasmettitori modulatori sono, invece, in grado di influenzare un numero maggiore di neuroni contemporaneamente influenzando anche gli effetti di altri messaggeri chimici.

Laddove i neurotrasmettitori sinaptici vengono rilasciati dai terminali assonici per avere un impatto ad azione rapida su altri neuroni recettori, i neuromodulatori si diffondono in un'area più ampia e sono ad azione più lenta.

Se la cellula postsinaptica riceve input eccitatorio, si osserva una depolarizzazione della membrana e questo cambiamento del potenziale di membrana viene chiamato potenziale postsinaptico eccitatorio (PPSE).

Se, al contrario, la cellula postsinaptica riceve input inibitorio, si manifesta un'iperpolarizzazione della membrana e il cambiamento di potenziale viene definito potenziale postsinaptico inibitorio (PPSI). Ogni neurone riceve input da migliaia di altri neuroni e ciascuno di essi avrà numerosissime sinapsi eccitatorie e inibitorie localizzate su tutta la cellula. (Presti, 2019, p. 91)

In particolare, durante la trasmissione sinaptica chimica, la maggior parte dei neuroni manda un segnale alla cellula oltre la sinapsi rilasciando neurotrasmettitori chimici nella fessura sinaptica.

L'arrivo del potenziale d'azione alla terminazione assonica porta alla depolarizzazione della membrana e provoca l'apertura dei canali per il Ca^{2+} ad accesso regolato voltaggio-dipendente. L'apertura di questi canali innesca la fusione di piccole vescicole contenenti il neurotrasmettitore con la membrana della sinapsi e il rilascio del trasmettitore nella fessura sinaptica. Il trasmettitore, successivamente, raggiunge la membrana e si lega con lo specifico recettore integrato nella membrana stessa.

Esistono, però, due tipi di recettori postsinaptici: i canali ionici ligando-dipendenti, nei quali il legame diretto con il neurotrasmettitore apre i canali ionici, e i recettori accoppiati alla proteina G (o GPCR, G protein-coupled receptor), nei quali i segnali biochimici causano indirettamente l'apertura dei canali ionici.

Nel primo caso, il legame produce una modifica nella conformazione del recettore permettendo l'apertura dei canali ionici, dando luogo ad un afflusso di ioni che portano o alla depolarizzazione (eccitazione) o all'iperpolarizzazione (inibizione) della cellula postsinaptica.

Nel secondo caso, i neuroni eccitatori e inibitori possono modificare le loro funzioni per mezzo di GPCR: quando una molecola di segnalazione si lega specificatamente con il suo GPCR il cambiamento di conformazione attiva una proteina G nella cellula che, di conseguenza, attiva o regola una proteina target specifica che produce una molecola definita "secondo messaggero". Quest'ultima innesca una serie di reazioni biochimiche. Mentre i canali ligando-dipendenti veicolano segnalazioni molto rapidamente, la segnalazione veicolata dai GPCR è più lenta e produce cambiamenti dello stato funzionale più duraturi nel tempo. (Gazzaniga, Ivry, Mangun, 2021, p. 33)

Ne consegue, pertanto, che a seconda della funzione del recettore a cui si lega il neurotrasmettitore, può scaturire un fenomeno di eccitazione o inibizione del neurone che comporta la propagazione o meno dell'impulso e la conseguente possibile creazione di sinapsi che favoriscono il processo di apprendimento.

2.1.2.1.1 Sinapsi e apprendimento

Dehaene (2019) spiega il rapporto tra sinapsi e apprendimento dicendo: «Le nostre sinapsi sono in costante cambiamento e questi cambiamenti riflettono ciò che stiamo imparando. Ogni sinapsi è un piccolo stabilimento chimico e molti elementi di questo stabilimento possono

essere modificati: il numero di vescicole, la loro dimensione, il numero dei ricettori, la loro efficienza, le dimensioni e persino la forma delle sinapsi.

Tutti questi parametri influenzano la forza con cui lo stesso messaggio elettrico, presinaptico verrà trasmesso al secondo neurone postsinaptico. E questi cambiamenti non avvengono per caso: stabilizzano l'attività dei neuroni migliorando la loro capacità di attivarsi a vicenda, se lo hanno fatto in passato».

Inoltre, lo studioso, cita la teoria dello psicologo Donald Hebb che si può sintetizzare nella formula “neurons that fire together wire together” ovvero “co-attivarsi significa connettersi”.

In altre parole, «quando due neuroni si attivano contemporaneamente le loro interconnessioni si rinforzano» e la trasmissione del messaggio sarà più efficace. Se, invece, la sinapsi non riesce a farsi intendere e il neurone postsinaptico non si attiva, allora la sinapsi si indebolisce. (Dehaene, 2019, pp. 120-121)

Le sinapsi hanno, dunque, l'abilità di indebolirsi o rafforzarsi nel tempo. Questo fenomeno è chiamato plasticità sinaptica o funzionale. La plasticità sinaptica è un processo dipendente dall'esperienza che si traduce in cambiamenti duraturi nella comunicazione sinaptica. Questo fenomeno stimola i cambiamenti strutturali, molecolari e genetici nel cervello ed è il principale modello biologico per i processi di apprendimento e memoria.

Le sinapsi sono in grado di mostrare aumenti persistenti della forza sinaptica, o potenziamento a lungo termine (LTP), nonché diminuzioni persistenti della forza sinaptica, note come depressione a lungo termine (LTD).

I neuroni, per coordinare l'attività umana a livello sia di funzionamento degli organi sia di comportamento, si organizzano in gruppi cellulari, denominati “moduli neuro-funzionali”, i quali si specializzano in una funzione precisa. (Daloiso, 2009)

Come spiega Daloiso (2009), «questa riorganizzazione in sistemi nervosi più complessi talvolta si origina in modo naturale per via di fattori genetici (...); in altri casi, invece, la formazione di moduli neuro-funzionali dipende largamente dagli input presenti nell'ambiente e dalle reazioni ed interazioni del soggetto con tali input».

Questa distinzione tra sistemi nervosi determinati geneticamente o dall'interazione con l'ambiente suggerisce che esistono processi che attendono l'esperienza ovvero attivano il potenziale genetico utilizzando informazioni ambientali largamente accessibili a tutti i membri della specie e processi che dipendono dall'esperienza, i quali fanno leva su informazioni ambientali che variano a seconda dei contesti e delle situazioni di apprendimento.

A questo proposito, è importante prendere in considerazione lo studio di Greenough, Black e Wallace (1987). Come Daloiso, avevano affermato che esiste una differenza fondamentale tra i processi che regolano la formazione delle sinapsi nelle prime fasi dello sviluppo cerebrale e quelli durante lo sviluppo cerebrale successivo e nell'età adulta: le prime sinapsi sono esperienze "in attesa", che agiscono per poterle o sfoltirle e che si trovano diffusamente in tutto il cervello; al contrario, la successiva formazione di sinapsi è più focale e localizzata nelle regioni coinvolte nell'elaborazione di esperienze specifiche e vengono definite "dipendenti dall'esperienza".

Un aspetto interessante degli effetti dipendenti dall'esperienza delle sinapsi è che non solo esperienze specifiche portano alla formazione selettiva di sinapsi, ma anche alla perdita sinaptica selettiva. Pertanto, le esperienze cambiano le reti neurali aggiungendo e tagliando sinapsi.

Daloiso afferma, dunque, che in questa prospettiva l'apprendimento in generale, e di una lingua straniera in particolare, è un processo che dipende dall'esperienza, ossia dalle possibilità offerte dall'ambiente educativo, facendo leva su alcuni processi che attendono l'esperienza.

Utilizzando le sue parole, «Affinché i moduli neuro-funzionali possano formarsi e stabilizzarsi, è fondamentale l'interazione con l'ambiente: solo in seguito a specifici input ambientali i canali nervosi possono diventare permanenti, rafforzando le connessioni sinaptiche associate a quell'input, ed eliminando le altre.

Il ruolo dell'esperienza risulta ancor più evidente quando si analizzano i cambiamenti nell'organizzazione cerebrale delle funzioni cognitive generati da input ambientali particolari: un ambiente di apprendimento ricco di stimolazioni dirette ad una particolare funzione cognitiva incide fortemente sullo sviluppo cerebrale, aumentando le rappresentazioni neuronali nelle aree che processano tale funzione». (Daloiso, 2009, pp. 26-27)

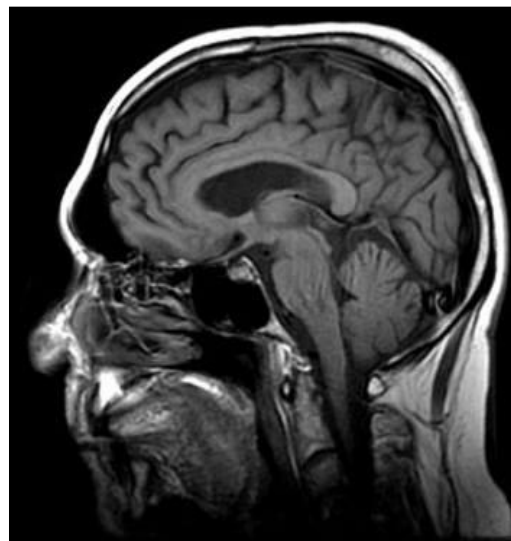
2.2 Tecniche di neuroimmagine

Una grande novità in ambito neuroscientifico che ha permesso di studiare meglio la struttura cerebrale e il suo funzionamento è costituita dalle tecniche di neuroimmagine.

In passato era necessario attendere la morte di una persona per esaminarne il cervello; successivamente con l'avvento dei raggi X e delle nuove tecnologie è stato possibile visualizzare la struttura interna dell'encefalo anche di persone vive. Il primo metodo che ha consentito l'osservazione del cervello umano *in vivo* è la TAC (tomografia assiale computerizzata).

Essa consisteva in un'estensione dei raggi X: mentre la radiografia convenzionale comprime gli oggetti tridimensionali su due dimensioni, la scansione TAC permette di ovvero di acquisire immagini a raggi X e produrre una rappresentazione tridimensionale della struttura interna di un cervello vivente.

I raggi X, però, non sono benigni: essi provocano mutazioni genetiche e l'esposizione alla radiazione X dev'essere limitata per potersi mantenere in salute. Anche in ambito medico il metodo preferenziale per ottenere immagini dell'intero cervello è la RMI (risonanza magnetica). Quest'ultima non utilizza i raggi X e può produrre una chiarezza di dettaglio anatomico superiore a quella della TAC.



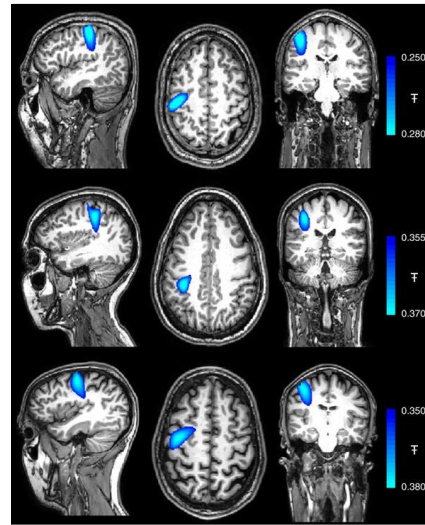
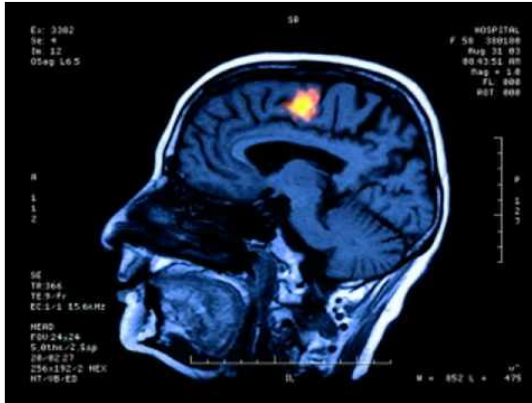
Questi metodi sono efficaci per generare immagini strutturali statiche di cervelli umani viventi ma per studiare in che modo le attività mentali sono sostenute dalle funzioni cerebrali e in che modo il cervello da origine alla mente, i neuroscienziati utilizzano alcuni strumenti utili ad indagare le modificazioni degli impulsi elettrici, le fluttuazioni del flusso sanguigno e le variazioni nell'utilizzo dell'ossigeno e del glucosio che costituiscono le forze motrici dell'attività cerebrale. «Senza questi strumenti, le scoperte fatte nei 30 anni appena trascorsi non sarebbero state possibili». (Gazzaniga, Ivry, Mangun, 2021, p. 14)

Si tratta, in questo caso, di tecniche di immagine dinamiche o funzionali. Quando le cellule nervose inviano e ricevono segnali, si verifica un grande flusso di corrente elettrica prodotta dal movimento di cariche elettriche associate al flusso di ioni negli assoni e nei dendriti. Attaccando alcuni elettrodi sullo scalpo, si possono registrare cambiamenti di campi elettrici che hanno origine dell'attività neurale dell'encefalo.

Questo metodo è chiamato elettroencefalografia o EEG e il grafico che mostra i cambiamenti in funzione del tempo viene chiamato elettroencefalogramma. L'EEG ha una straordinaria risoluzione temporale ma a livello di risoluzione spaziale presenta alcune criticità: nonostante fornisca una media dell'attività neurale in ampie regioni della corteccia cerebrale, non rappresenta il metodo migliore per una localizzazione precisa dei siti di attività neurale nel cervello in quanto, a causa della conduttività elettrica dell'encefalo e della pelle, i campi elettrici generati dall'attività neurale tendono a venire distorti e disperdersi quando raggiungono lo scalpo, dove vengono registrati. (Presti, 2019, pp. 230-234)

Un'altra tecnica utilizzata per misurare l'attività cerebrale è la Magnetoencefalografia (MEG) che registra i campi magnetici generati dall'attività elettrica cerebrale: una corrente elettrica, infatti, è sempre associata ad un campo magnetico perpendicolare alla sua direzione.

Nello specifico, la principale sorgente di campi magnetici registrati dalla MEG è costituita dalle correnti dendritiche dei neuroni piramidali che si attivano in maniera sincrona. Al contrario, le correnti assonali e sinaptiche e i loro campi magnetici non contribuiscono al segnale MEG.



Per alcuni aspetti, la MEG presenta caratteristiche simili all'EEG: ad esempio, entrambe le tecniche sono non-invasive e dispongono di un'elevatissima risoluzione temporale (nell'ordine dei millisecondi). Tuttavia, diversamente dall'EEG, la MEG registra soprattutto le attività neurali che si dispongono in maniera tangenziale alla superficie dello scalpo (l'EEG invece rileva anche le correnti radiali allo scalpo).

In aggiunta, mentre la conduzione dell'attività elettrica è distorta dal liquido cerebrospinale, dal cranio e dallo scalpo, i campi magnetici viaggiano verso l'elettrodo di acquisizione (situato esternamente allo scalpo) senza subire particolari distorsioni del segnale. Questa caratteristica conferisce alla MEG una risoluzione spaziale sensibilmente superiore all'EEG, ma chiaramente inferiore alle tecniche di neuroimmagine. Uno dei maggiori svantaggi della MEG risiede tuttavia negli elevati costi e nella complessa gestione dello strumento che ne limitano notevolmente la diffusione. (Tommasi, 2020, p. 66)

I più straordinari progressi metodologici nel campo delle neuroscienze cognitive sono derivati dallo sviluppo di nuove tecniche di visualizzazione che consentono ai ricercatori di identificare le variazioni fisiologiche del cervello umano in funzione dei processi percettivi, dei pensieri, dei sentimenti e delle azioni di una persona.

I due metodi di neuroimmagine più efficaci per rilevare le variazioni nel metabolismo o nel flusso sanguigno cerebrale che si verificano mentre il soggetto è impegnato nell'esecuzione di

compiti cognitivi specifici sono la tomografia a emissione di positroni (PET) e la risonanza magnetica funzionale (fMRI).

Diversamente dall'EEG e dalla MEG, la PET e la fMRI non misurano direttamente eventi neurali ma piuttosto variazioni metaboliche correlate con l'attività neurale.

I neuroni richiedono ossigeno e glucosio per generare l'energia necessaria sia per il mantenimento dell'integrità cellulare sia per compiere le proprie funzioni specializzate.

Quando un'area cerebrale è attiva, riceve una quantità maggiore di ossigeno e glucosio attraverso un aumento del flusso sanguigno; PET E fMRI possono individuare questo cambiamento nel flusso sanguigno noto come risposta emodinamica. (Gazzaniga, Ivry, Mangun, 2021, p. 107)

La PET usa le proprietà di particolari sostanze chimiche radioattive instabili (isotopi) per visualizzare l'attività nel cervello. Infatti, i radiologi introducono una sostanza radioattiva, o un tracciante, nel circolo sanguigno di una persona impegnata in un dato compito cognitivo.

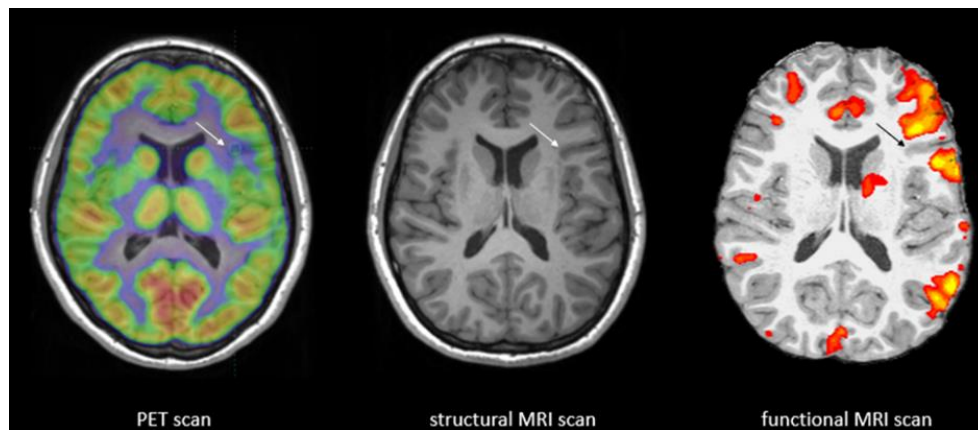
Questo elemento chimico viene distribuito attraverso il cervello in base ai bisogni metabolici. Le aree neurali maggiormente attive hanno un bisogno metabolico più alto e ricevono, quindi, maggiore quantità di tracciante. Quando l'isotopo subisce il decadimento radioattivo emette un positrone che collide con un elettrone e si generano due fotoni o raggi gamma. I due fotoni si muovono alla velocità della luce in direzione opposta l'uno rispetto all'altro, attraversando senza nessun impedimento il tessuto del cervello, il cranio e il cuoio capelluto. Lo scanner PET – sostanzialmente un rilevatore di raggi gamma – determina il punto in cui è avvenuta la collisione.

Il presupposto fondamentale della PET è che (...) vi sarà un aumento significativo del flusso ematico nelle regioni cerebrali nelle quali l'attività neurale è più intensa. Quindi, gli studi di attivazione condotti con la PET non misurano l'attività metabolica in termini assoluti, ma piuttosto relativi. In un tipico esperimento PET l'iniezione del tracciante viene somministrata due volte: durante una condizione di controllo e durante la condizione sperimentale.

I risultati solitamente sono riportati in termini di differenze nel flusso sanguigno cerebrale regionale (rCBF) fra le due condizioni. Gli attuali scanner PET hanno una capacità di

risoluzione dell'attività metabolica di regioni, o voxel, limitate approssimativamente a 5-10 mm³ circa. Sebbene tale volume possa contenere solo migliaia di neuroni, è sufficiente per identificare aree sia corticali sia subcorticali in cui si verifichi un incremento di attività, oltre che per rilevare la variazione funzionale entro una certa area corticale. (Gazzaniga, Ivry, Mangun, 2021, p 107-108)

Come la PET, anche la fMRI sfrutta il fatto che nelle parti attive del cervello si verifica un aumento locale dell'irrorazione sanguigna. La procedura è essenzialmente identica a quella usata per la MRI tradizionale ma l'fMRI si basa sulle proprietà magnetiche dell'emoglobina, ovvero la proteina che trasporta ossigeno al sangue.



L'emoglobina produce un effetto di perturbazione magnetica differente sul suo ambiente locale a seconda della presenza o meno di ossigeno della molecola di emoglobina. Le regioni con aumentata attività neuronale richiamano un maggiore afflusso di emoglobina ossigenata, che successivamente si trasforma in emoglobina deossigenata. (Presti, 2019, p. 240)

L'emoglobina deossigenata o desossiemoglobina, diversamente dall'emoglobina ossigenata, ha proprietà paramagnetiche (cioè debolmente magnetiche in presenza di un campo magnetico). I sensori fMRI misurano il rapporto tra ossiemoglobina e desossiemoglobina, rapporto indicato come effetto dipendente dal livello di ossigenazione del sangue o effetto BOLD.

Intuitivamente, ci si aspetterebbe che la proporzione di emoglobina deossigenata sia maggiore nell'area che circonda il tessuto cerebrale attivo, dati gli alti costi metabolici della funzione neurale. In generale, però, i risultati della fMRI vengono riportati in termini di aumento del rapporto tra emoglobina ossigenata e deossigenata.

Questo cambiamento si verifica perché, quando un'area del cervello diventa attiva, la quantità di sangue che entra in quella regione aumenta e il tessuto neurale non è in grado di assorbire tutto l'ossigeno in eccesso.

Gli studi fMRI, quindi, misurano il decorso temporale di questo processo. Mentre gli eventi neurali si verificano in una scala temporale dell'ordine dei millisecondi, la modulazione del flusso sanguigno avviene molto più lentamente. (...) La fMRI può, quindi, essere utilizzata per ottenere una misura indiretta dell'attività neuronale rilevando le variazioni della concentrazione di ossigeno nel sangue.

La MRI funzionale offre parecchi vantaggi metodologici rispetto alla PET. Gli scanner MRI, infatti, sono molto meno costosi e la loro manutenzione è più semplice; inoltre, la fMRI non utilizza traccianti radioattivi e per questo non incorre in costi, rotture e rischi aggiuntivi. Poiché la fMRI non comporta l'iniezione di traccianti radioattivi, la stessa persona può essere esaminata ripetutamente nel corso di una o più sedute.

Queste osservazioni multiple rendono possibile un'analisi statistica completa dei dati relativi ad ogni singolo partecipante. Inoltre, la risoluzione spaziale della fMRI è superiore a quella della PET. Per queste ragioni l'fMRI ha portato cambiamenti rivoluzionari nelle neuroscienze cognitive. (Gazzaniga, Ivry, Mangun, 2021, pp. 109-110)

Le scoperte derivanti dalle nuove tecniche di neuroimmagine, in particolare le novità relative alla neuroplasticità e all'organizzazione del sistema sensori-motorio, hanno stravolto radicalmente la visione del cervello e il concetto stesso di funzioni cognitive.

I recenti studi neuroscientifici, infatti, hanno avuto delle ripercussioni anche in ambito didattico, in quanto, hanno permesso di comprendere meglio il funzionamento del cervello umano e di elaborare percorsi didattici modellati sui reali meccanismi cerebrali.

2.3 Neuroplasticità

Le credenze e le teorie su come funziona il cervello si sono evolute notevolmente nel corso degli anni. In passato gli scienziati ritenevano che le diverse aree del cervello umano fossero predefinite e immutabili e che la produzione di neuroni cessasse dopo l'età dello sviluppo. Ciò faceva del cervello un organismo che, una volta raggiunto il suo pieno sviluppo, diveniva statico

e incapace di crescere ulteriormente ed era perciò condannato ad un lento e inesorabile declino. (Guglielman, 2014)

Tali convinzioni vennero smentite dalla scoperta della “neuroplasticità”, quando il neuroscienziato Eric Kandel vinse il Nobel per la medicina nel 2000 per aver dimostrato che l'apprendimento può attivare geni in grado di modificare la struttura neurale.

Kandel ricavò questa conclusione studiando il cervello di una lumaca di mare, l’Aplysia. L’Aplysia, adeguatamente istruita, è in grado di imparare che quando riceve uno stimolo su una certa parte del corpo deve proteggere la branchia ritraendola.

Sfruttando la semplicità del suo organo nervoso, i neuroscienziati sono riusciti a capire che lo stimolo ripetuto può attivare uno specifico gene che porta alla crescita di nuove connessioni tra il neurone sensoriale e quello motorio. Questo processo costituisce la base biochimica dell'apprendimento. (Danilo Di Diodoro, 2017)

Guglielman (2017), a questo proposito, afferma: «L'apprendimento dipende completamente dall'esistenza della neuroplasticità, la quale consente la ritenzione, rappresentazione ed elaborazione di nuove informazioni».

Cherry (2022) definisce la neuroplasticità, nota anche come plasticità cerebrale, un termine che si riferisce alla capacità del cervello di cambiare e adattarsi come risultato dell'esperienza. In particolare, “plasticità” si riferisce alla malleabilità del cervello e “neuro” si riferisce ai neuroni. Pertanto, la neuroplasticità è quando le cellule nervose cambiano o si adattano.

Il cervello tende a modificarsi molto durante i primi anni di vita, ad esempio, quando il cervello immaturo cresce e si organizza: i cervelli giovani tendono ad essere più sensibili e reattivi alle esperienze rispetto a cervelli molto più vecchi. I primi anni di vita di un bambino sono un periodo di rapida crescita del cervello.

Alla nascita, ogni neurone nella corteccia cerebrale ha circa 2.500 sinapsi. All'età di tre anni, questo numero è cresciuto fino a raggiungere l'incredibile cifra di 15.000 sinapsi per neurone. L'adulto medio ha solo circa la metà di quel numero di sinapsi perché man mano che si acquisiscono nuove esperienze, alcune connessioni vengono rafforzate mentre altre vengono eliminate. Questo, però, non significa che i cervelli adulti non siano in grado di adattarsi.

Le ricerche più recenti hanno, infatti, rivelato che la plasticità è un processo che avviene per tutta la vita e può verificarsi come risultato dell'apprendimento, dell'esperienza e della formazione della memoria o come risultato di un danno al cervello.

I neuroni che vengono utilizzati frequentemente sviluppano connessioni più forti e quelli che vengono usati raramente o mai alla fine muoiono. Sviluppando nuove connessioni ed eliminando quelle deboli, il cervello è in grado di adattarsi all'ambiente che cambia.

Cherry (2022), nel suo articolo, distingue due tipi principali di neuroplasticità: la plasticità strutturale, che consiste nella capacità del cervello di modificare effettivamente la propria struttura fisica in seguito all'apprendimento; la plasticità funzionale, che, invece, consiste nella capacità del cervello di spostare le funzioni da un'area danneggiata del cervello ad altre aree non danneggiate.

Nel suo libro del 2007, "The Brain that Changes Itself: Stories of Personal Triumph From the Frontiers of Brain Science", lo psichiatra e psicoanalista Norman Doidge ha suggerito che le dichiarazioni delle prime teorie che riguardavano il fatto che il cervello fosse incapace di cambiare provenivano principalmente dall'antica convinzione che il cervello fosse molto simile a una macchina straordinaria, capace di cose sorprendenti ma incapace di crescere e cambiare.

Inoltre, non si era ancora in grado di osservare effettivamente le attività microscopiche del cervello e si pensava che le persone che avevano subito gravi danni cerebrali spesso non fossero in grado di riprendersi.

Con il fiorire dello studio delle neuroscienze moderne, la ricerca ha dimostrato che le persone non sono limitate alle capacità mentali con cui sono nate e che i cervelli danneggiati sono spesso abbastanza capaci di notevoli cambiamenti.

La ricerca moderna ha, infatti, dimostrato che il cervello continua a creare nuovi percorsi neurali e ad alterare quelli esistenti per adattarsi a nuove esperienze, apprendere nuove informazioni e creare nuovi ricordi.

Permettendo al cervello di adattarsi e cambiare continuamente, la neuroplasticità promuove la capacità di imparare cose nuove, la capacità di migliorare le capacità cognitive esistenti, il

recupero da ictus e lesioni cerebrali traumatiche, il rafforzamento delle aree in caso di perdita o declino di alcune funzioni e miglioramenti che possono aumentare la forma fisica del cervello.

2.3.1 Fattori che favoriscono l'apprendimento

Il neurobiologo Daniel Siegel (2014, p.7-8) suggerisce alcuni comportamenti utili per favorire la neuroplasticità e, di conseguenza, un apprendimento efficace.

Innanzitutto, se non ci sono controindicazioni per la salute, fare attività fisica può favorire un continuo sviluppo cerebrale.

Inoltre, un buon sonno per un numero sufficiente di ore, con molte fasi o stati REM in cui si sogna, consolida ciò che è stato appreso durante il giorno. Il cervello necessita anche di un'elevata quantità di acqua e di un buon nutrimento, fondamentali per un funzionamento adeguato dell'organismo.

Kaufer (2011) appoggia il pensiero di Siegel confermando che un sonno adeguato, una buona alimentazione ed esercizio fisico regolare sono abitudini che promuovono la neuroplasticità e la neurogenesi, ed aggiunge che essi favoriscono prestazioni di apprendimento ottimali in quanto, mantengono il cortisolo e la dopamina (rispettivamente ormoni dello stress e della felicità) a livelli appropriati.

Siegel individua anche l'attitudine a relazionarsi con gli altri un fattore che favorisce dinamismo e plasticità cerebrale: uscire dalla routine, cercare nuovi stimoli e ridere sono elementi che aiutano a mantenere il cervello in continuo sviluppo.

In aggiunta, occuparsi con interesse di un compito alla volta può stimolare il rilascio di sostanze chimiche a livello locale e sistemico che favoriscono la neuroplasticità. Infine, quando si dirige la riflessione verso la propria interiorità, concentrandosi sulle proprie sensazioni, emozioni e pensieri, si stimola lo sviluppo di circuiti neurali integrativi e regolativi.

2.3.2 Fattori che riducono l'apprendimento

La filosofa Eleonora Guglielman (2014), invece, ci informa sui fattori di rischio, fattori che riducono la neuroplasticità, in particolare in età avanzata.

Spesso gli anziani si limitano a svolgere attività mentali ripetitive che non richiedono sforzi di applicazione o acquisizione di nuove capacità ma le funzioni cerebrali rispondono alla legge “use or lose it”. Inoltre, nel cervello degli anziani il deterioramento sensoriale provoca “rumore”: i segnali sonori inviati al cervello sono più difficili e confusi da interpretare e questo causa una memoria più povera e una capacità di ragionamento meno elastica.

In tarda età il cervello produce un minor numero di neuromodulatori, delle sostanze chimiche, come dopamina e acetilcolina, che rivestono un ruolo essenziale nell'apprendimento e nella memoria.

Le ricerche con tecniche di neuroimaging dimostrano, infine, che le persone che iniziano a sentirsi mentalmente meno agili di un tempo tendono ad attuare dei meccanismi di compensazione.

Secondo la STAC, Scaffolding Theory of Aging and Cognition, il cervello crea o riorganizza reti alternative: lo scaffolding consiste nel reclutare circuiti addizionali o alternativi che sostituiscono le funzioni cerebrali divenute insufficienti o confuse.

Partendo dall'idea che l'apprendimento consiste nel creare nuovi legami tra i neuroni attraverso la loro attivazione simultanea e ripetuta, Merzenich ha elaborato una teoria secondo cui la struttura neuronale può essere modificata dall'esperienza e, per combattere il disuso, consiglia di impegnare il cervello in nuovi compiti che costituiscono una sfida; per aiutare il cervello a fare ordine tra i segnali confusi, propone di eseguire attività che richiedono attenzione e concentrazione; per regolare la produzione di neuromodulatori, suggerisce di svolgere attività in grado di attivarne la produzione; per eliminare i comportamenti adattivi compensativi bisogna, invece, bisognerebbe impegnarsi in attività che sono divenute complicate da eseguire, anziché evitarle.

Kaufer (2011) spiega che anche gli stati emotivi, in particolare lo stress, influenzano l'apprendimento, la memoria e il processo decisionale. Neurobiologicamente, lo stress indica l'attivazione dell'amigdala, il segmento del cervello collegato alle emozioni e alla paura. L'amigdala invia informazioni all'ippocampo, la regione del cervello associata all'apprendimento e alla memoria.

La risposta allo stress - popolarmente conosciuta come la risposta “combatti o fuggi” - è chimicamente intesa come la produzione di una varietà di ormoni, in particolare il cortisolo. In brevi momenti di stress, la ghiandola surrenale rilascia cortisolo nel cervello, che ci aiuta a combattere o evitare la situazione.

Tuttavia, quando le persone sperimentano uno stress cronico, l'amigdala viene costantemente attivata e lo stress diventa un evento in sé, piuttosto che una risposta a uno stimolo.

Poiché la risposta allo stress ha un impatto negativo sul processo decisionale e il processo decisionale è una componente chiave dell'apprendimento, lo stress cronico diminuisce la capacità di apprendere.

2.4 Neuroni specchio

La scoperta dei neuroni specchio si deve al gruppo di ricerca dell'Università di Parma, guidato da Giacomo Rizzolatti, che, tra gli anni '80 e '90, durante un esperimento si è accorto dell'esistenza, nel lobo parietale inferiore e nell'area F5 della corteccia premotoria ventrale del macaco, di un particolare tipo di neuroni che prenderanno successivamente il nome di “neuroni specchio”. Rizzolatti, insieme al suo gruppo di ricercatori composto da Luciano Fadiga, Leonardo Fogassi, Vittorio Gallese e Giuseppe Pellegrino, durante registrazioni compiute in situazioni sperimentali in cui la scimmia era lasciata libera di agire secondo la propria natura in modo da analizzarne al meglio il suo comportamento neuronale, si è accorto che vi erano alcuni neuroni che si attivavano sia quando il macaco effettuava una determinata azione sia quando osservava lo sperimentatore compiere un'azione simile. (Rizzolatti, Sinigaglia, 2006, pp. 79-80)

In altre parole, i neuroscienziati si sono resi conto che all'interno del cervello del macaco vi erano alcune cellule motorie che si attivavano allo stesso modo sia quando l'azione veniva compiuta dalla scimmia in prima persona, sia quando questa osservava qualcun altro compiere la stessa azione, da qui il nome “neuroni specchio”.

Inizialmente gli sperimentatori pensarono ad un problema di misurazione, ma le scariche neuronali si attivarono analogamente anche nelle prove successive. Di conseguenza, i ricercatori si sono accorti della coincidenza esistente tra la parte visiva e la parte motoria e che alla base di tutto il sistema vi era un linguaggio comune attraverso il quale i recettori

trasformano gli stimoli esterni in segnali che poi viaggiano nel sistema nervoso favorendo la comprensione e la decodifica non solo dell'azione che si sta osservando ma anche dell'intenzione che sussiste alla base dell'atto compiuto da un altro soggetto. (Giacomo Rizzolatti e la scoperta dei neuroni specchio,

https://www.youtube.com/watch?v=87_6WJhWTms)

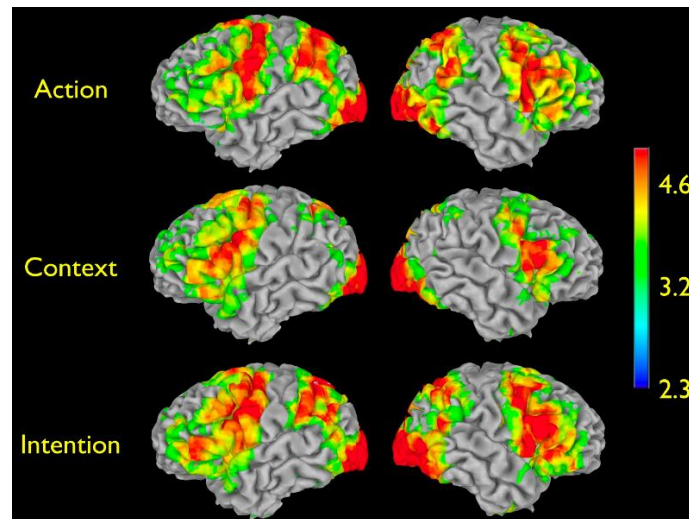
Inoltre, fino ad allora, si pensava che i neuroni canonici fossero gli unici dotati di proprietà visuo-motorie. Con la scoperta dei neuroni specchio i neuroscienziati si sono resi conto che «a differenza dei neuroni canonici, i neuroni specchio non rispondono alla semplice presentazione di cibo o di generici oggetti tridimensionali, né il loro comportamento pare influenzato dalle dimensioni dello stimolo visivo. (...) la loro attivazione è legata all'osservazione da parte della scimmia di determinati atti compiuti dallo sperimentatore (o da un'altra scimmia) che comportano un'interazione effettore (mano o bocca) – oggetto». (Rizzolatti, Sinigaglia, 2006, p. 80)

Questi primi studi sperimentali aprirono nuovi orizzonti nello studio del cervello umano in quanto Rizzolatti, insieme alla psicologa e dottoressa in neuroscienze Laila Craighero, ha cominciato ad ipotizzare che un sistema simile a quello scoperto nel cervello del macaco esistesse anche nel cervello dell'uomo. (Rizzolatti e Craighero, 2004, p.174)

Negli anni Cinquanta del Novecento erano stati condotti numerosi studi di elettroencefalografia sulla reattività dei ritmi cerebrali durante l'osservazione dei movimenti che hanno mostrato l'esistenza nell'uomo di quello che oggi viene definito meccanismo specchio, tuttavia erano stati ignorati. Successivamente sono state condotte alcune ricerche che, avvalendosi dell'utilizzo di tecniche elettrofisiologiche non invasive come la stimolazione magnetica transcranica e la registrazione di potenziali motori, hanno dimostrato che il sistema motorio umano possedeva delle proprietà specchio.

L'uso di queste tecniche non permetteva, però, agli sperimentatori di localizzare le aree corticali e i circuiti neuronali implicati in questo processo: esse consentivano solamente la rilevazione di attivazioni del sistema motorio negli individui mentre questi osservavano azioni compiute da altri soggetti. (Rizzolatti, Sinigaglia, 2006, pp. 113-118)

Per poter localizzare le aree di interesse coinvolte nei processi di osservazione è stato necessario utilizzare le nuove tecniche di neuroimmagine e, in particolare, la PET e la fMRI.



Grazie a queste due tipologie di visualizzazione cerebrale è stato scoperto che all'interno del cervello umano i neuroni specchio sono localizzati nella regione parieto-frontale (lobulo parietale inferiore), nell'area premotoria ventrale che comprende anche l'area di Broca, nella regione posteriore del giro frontale inferiore, nell'insula e nel corpo cingolato inferiore.

Pertanto, si può affermare che il sistema del meccanismo specchio dell'uomo è più esteso rispetto a quello del macaco e si distingue da quest'ultimo per la sua capacità di codificare atti motori transitivi e intransitivi ovvero selezionale sia il tipo di azione sia la sequenza di movimenti da cui è composta. Inoltre, a differenza del meccanismo specchio presente nella scimmia, quello umano si attiva non solo quando avviene un'effettiva interazione con gli oggetti, ma anche quando l'azione è solo mimata.

Nonostante ciò, il ruolo e la funzione primaria dei neuroni specchio (riconoscimento e comprensione del significato delle azioni altrui) è il medesimo nella scimmia e nell'uomo.

Gli studi sui neuroni specchio sono stati una fondamentale risorsa in ambito educativo perché hanno dimostrato che l'apprendimento ha solide basi nell'esperienza corporea e questo ha contribuito a riconsiderare la didattica all'interno delle classi.

La scoperta dei neuroni specchio ha dato modo, infatti, di constatare che «il sistema motorio non svolge solo la funzione di eseguire le azioni, ma anche di comprenderle e di decodificare le intenzioni che sottendono le azioni altrui.

Queste evidenze, pertanto, estendono il ruolo del sistema motorio a funzioni tradizionalmente considerate “cognitive” e sottolineano il fatto che, di queste ultime, le esperienze (e le competenze) motorie sono la premessa fondamentale» (Buccino, Dalla Volta, 2015, p. 62).

2.5 Breve sintesi capitolo 2

Esplorare il cervello e le diverse componenti del sistema nervoso permette di comprendere i meccanismi che stanno alla base dei processi di apprendimento.

Grazie alla disponibilità di nuovi strumenti di neuroimmagine, quali la tomografia ad emissione di positroni (PET) e la risonanza magnetica per la visualizzazione funzionale (fMRI), oggi è possibile indagare il cervello umano senza alcuna invasività e senza interferire con le normali funzioni cerebrali.

Importanti scoperte, come la neuroplasticità e i neuroni specchio, hanno rivoluzionato il modo di concepire l'apprendimento.

La neuroplasticità, ovvero la capacità del cervello di modificarsi, contribuisce alla creazione di nuovi percorsi neurali che portano all'apprendimento di nuove informazioni. Conoscere i fattori che favoriscono o riducono la neuroplasticità è fondamentale per ottenere un apprendimento efficace.

Le scoperte relative ai neuroni specchio hanno, invece, dimostrato che l'apprendimento ha solide basi nell'esperienza corporea.

Capitolo 3

Ripensare alla Glottodidattica alla luce delle nuove scoperte neuroscientifiche

Nella misura in cui le neuroscienze cognitive renderanno più efficienti le pratiche di insegnamento-apprendimento, potranno essere considerate un alleato delle scienze dell'educazione.

Inoltre, l'arrivo della neuroscienza cognitiva nel mondo scolastico può rappresentare un'occasione importante per mettere in discussione l'organizzazione del sistema-scuola, la gestione complessiva degli insegnamenti e la qualità della partecipazione degli studenti.

Quindi, concepire le indicazioni delle neuroscienze per interrogare la natura, il funzionamento e la struttura del sistema scolastico potrebbe rappresentare il vero potenziale innovativo delle neuroscienze applicata all'educazione.

3.1 Neuroscienze ed educazione: un legame possibile?

Recentemente l'ipotesi di modello di interazione tra i campi – delle neuroscienze con la psicologia, e poi della psicologia con l'educazione – è stata avanzata da un certo numero di ricercatori. Un momento molto importante è stato il workshop organizzato dalla Education Commission of the States e da The Charles A. Dana Foundation, che si è tenuto a Denver dal 26 al 28 luglio del 1996. Il titolo del convegno era di per sé emblematico: *“Bridging the Gap Between Neuroscience and Education”*. Durante questo incontro, a cui hanno partecipato numerosi neuroscienziati cognitivi, psicologi cognitivi, politici, ricercatori e professionisti del mondo educativo, sono emerse le diffidenze reciproche e la distanza ancora esistente fra questi due ambiti ma ha rappresentato l'occasione per sottolineare quanto fosse necessario individuare i punti di contatto fra le scoperte neuroscientifiche e le pratiche educative.

John Bruer nel suo articolo *“Education and the brain: a bridge too far”* del 1997 ha dichiarato:

«Educational applications of brain science may come eventually, but as of now neuroscience has little to offer teachers in terms of informing classroom practice. (...) Currently, we do not

know enough about brain development and neural function to link that understanding directly, in any meaningful, defensible way to instruction and educational practice» (Bruer, 1997, p. 4).

Dunque, nel 1997, secondo il neuroscienziato americano, la distanza tra istruzione e cervello sembrava essere incolmabile: le neuroscienze non erano ancora in grado di offrire agli insegnanti indicazioni significative sul comportamento in classe e sull'apprendimento e le descrizioni del funzionamento del cervello erano troppo distanti dalla dimensione comportamentale per essere utili nel contesto scolastico.

L'articolo, però, si chiude con un auspicio: «Looking to the future, we should attempt to develop an interactive, recursive relationship among research programs in education, cognitive psychology, and systems neuroscience. Such interaction would allow us to extend and apply our understanding of how mind and brain support learning». (Bruer, 1997, p. 15)

Circa vent'anni dopo, Mezzadri (2015, p. 39) illustra quali sono, secondo lui, i principali aspetti critici che caratterizzano il rapporto tra neuroscienze e applicazione degli studi in ambito educativo ma ne sottolinea anche i punti di forza, facendo riferimento alla possibilità di costruire un ponte tra questi due ambiti.

Partendo dalle criticità, il primo punto di debolezza riguarda la differenza di tempistiche fra la scoperta di una teoria a livello neuroscientifico e la reale applicazione a livello didattico.

«Ciò porta con sé una sfasatura rispetto alle modalità della ricerca nelle discipline di ambito educativo, esemplificabile attraverso il protrarsi nel tempo dell'apertura di credito incondizionata nei confronti delle teorie legate all'emisfericità cerebrale, in ambito neuroscientifico da tempo considerate superate» (Mezzadri, 2015, p. 39).

Inoltre, se le ricerche neuroscientifiche si focalizzano su delle specifiche aree del cervello, l'interpretazione a livello didattico si estende a tutto il cervello e ne trae delle implicazioni non sempre coerenti con gli studi scientifici.

Un altro punto critico riguarda la distanza tra il contesto educativo artificiale ricostruito dai neuroscienziati per applicare le loro teorie e il reale contesto scolastico di applicazione.

«L'ambiente in cui si realizzano le ricerche è caratterizzato da un alto livello di artificialità finalizzato in primis alla neutralizzazione delle possibili interferenze sugli effetti oggetto di studio sperimentale» (Mezzadri, 2015, p. 40).

Si tratta evidentemente di un contesto estremamente diverso da quello della classe, in cui le variabili che influenzano l'apprendimento sono innumerevoli.

Anche la distanza fra i linguaggi usati da queste due discipline rappresenta un aspetto problematico: il primo linguaggio appartenente al mondo della scienza, della chimica, della biologia e l'altro appartenente al mondo delle scienze umane. Ne deriva un'elevatissima difficoltà nella comprensione reciproca, che inevitabilmente va a riflettersi sulla possibilità di impostare un dialogo proficuo.

Come afferma Mezzadri (2015, p. 41): «l'intercomprensione tra i due linguaggi può risultare uno dei maggiori ostacoli per i ricercatori e per tutti coloro, ad esempio gli insegnanti, che fossero desiderosi di avvicinarsi agli studi che fanno dialogare neuroscienze e discipline di ambito educativo. Così, alla difficoltà nel cogliere i concetti, si aggiunge la difficoltà nel condividere il codice linguistico con cui questi concetti sono proposti».

Nonostante queste criticità, Mezzadri è convinto che si possa trovare un punto di incontro tra questi due ambiti: «un rapporto costruttivo e fecondo di interessanti risultati tra le neuroscienze e gli ambiti dell'educazione è non solo possibile, ma già da tempo agito. Tutto sta nel saper interpretare le esigenze di entrambi i settori e nel volersi (ri)conoscere». E prosegue sostenendo che «un'impostazione della ricerca neuroscientifica ed educativa che indaghi e rifletta sugli effetti, scientificamente provati, delle scelte didattiche sul funzionamento cerebrale permette di superare sia il rischio di giustificare abbrivi didattici e scelte educative in maniera pseudoscientifica e comunque apodittica attraverso l'adesione ai soliti neuromiti, sia di far risultare didatticamente sterile il fascino che le neuroscienze sanno oggi esercitare sul mondo dell'educazione» (Mezzadri, 2015, p. 150).

3.1.1 Neuromitologie

La teoria della dominanza cerebrale di M. Danesi, che sta alla base del modello di Unità di Apprendimento analizzato in questa tesi, è emblematica di come alcune ricerche in ambito neuroscientifico venissero applicate in maniera inadeguata in campo didattico.

Rivoltella (2012, p.1) fa riferimento a come «la sovrainterpretazione del ruolo delle neuroscienze nella comprensione di alcuni fenomeni connessi con l'apprendimento» abbia fornito ai docenti «delle indicazioni che in ultima analisi si dimostrano prive di fondamento scientifico»

Infatti, «Molto spesso, nel campo scolastico, al di fuori del sincero desiderio di capire e aiutare gli studenti, gli insegnanti si sono appropriati di strategie d'insegnamento "basate sul cervello" che si fondano su incomprensioni o su scorrette applicazioni delle informazioni neuroscientifiche alla formazione scolastica» (Immordino-Yang, 2017, p. 97).

Questi «modelli impliciti del funzionamento del cervello che gli insegnanti utilizzano nel loro lavoro quotidiano» (Rivoltella, 2012, p.1) vengono nominati *neuromitologie*.

Anche Geake, in disaccordo con il pensiero di Bruer, ritiene che si possa colmare l'apparente distanza tra questi due mondi e che «le ipersemplicizzazioni di alcuni risultati neuroscientifici verificatesi in passato non escludono a priori un nesso istruzione-neuroscienze» (Geake, 2016, p. 41).

L'esistenza di neuromiti non può frenare lo scambio di conoscenze tra neuroscienze ed educazione: è fondamentale costruire un rapporto basato su verità affinché non vengano messi in atto nel contesto scolastico principi errati sul funzionamento del cervello. «Non è necessario che gli insegnanti diventino esperti di neuroscienze, ma non dovrebbero neppure avere idee del tutto scorrette o fuorvianti al riguardo» (Geake, 2016, p. 39). Bisogna far sì che tra il mondo della scuola e quello delle neuroscienze vi sia una comunicazione efficace che trascenda dalla possibilità di creare neuromiti.

Negli stessi anni, anche Carpuso (2015) si esprime riguardo al rapporto tra neuroscienze ed educazione: «Il cervello è lo strumento umano che trasforma effettivamente l'insegnamento in apprendimento, ma le scoperte delle neuroscienze devono trovare un background comune e un canale di comunicazione efficace con le teorie pedagogiche e le prassi didattiche, se si vuole giungere a riformare la vita di classe e l'insegnamento su basi scientifiche. È importante distinguere i fatti reali e le false mitologie sul funzionamento del cervello». Anch'egli è convinto che l'educazione possa ricevere dalle neuroscienze importanti indicazioni dalla ricerca

sul funzionamento del cervello ma, operando con metodi differenti, deve riuscire a trovare autonomamente la sua strada per riuscire a collegare cervello, apprendimento e prassi educative.

In un rapporto internazionale *“Neuromyths and Evidence-Based Practices in Higher Education”* pubblicato a settembre 2019 si legge «Research studies worldwide show a susceptibility to believing in neuromyths». Gli autori raccomandano di dissipare e sfatare i neuromiti attraverso opportunità di apprendimento che includono la ricerca e i progressi delle scienze dell'apprendimento e della scienza MBE (*Mind, Brain and Education*). È, quindi, necessario che le comunità di apprendimento e lo sviluppo professionale siano inclusivi di tutti i gruppi educativi per supportare l'apprendimento e il successo degli studenti.

3.1.2 Neuroscienze educative e MBE

Le "neuroscienze educative" sono un campo di ricerca interdisciplinare che cerca di tradurre i risultati della ricerca sui meccanismi neurali dell'apprendimento in pratiche e politiche educative. Esse studiano come l'educazione cambia il cervello e quali sono i meccanismi che portano al cambiamento comportamentale.

A questo proposito, Thomas, Ansari e Knowland (2018, p. 477) affermano che le neuroscienze possono interagire direttamente con l'educazione considerando il cervello come un organo biologico che necessita di essere nelle condizioni ottimali per apprendere oppure indirettamente modellando la teoria psicologica che, a sua volta, influenza l'educazione.

Kaufer (2011) ha sottolineato che, sebbene il processo educativo coinvolga sia l'apprendimento che l'insegnamento, la ricerca neuroscientifica di solito si concentra solo sull'apprendimento, poiché l'insegnamento è meno comune nei modelli animali e difficile da studiare utilizzando la metodologia delle neuroscienze.

C'è, tuttavia, un sottocampo in via di sviluppo all'interno delle neuroscienze chiamato “Mente, Cervello e Educazione” (*Mind, Brain and Education, MBE*) che tenta di collegare la ricerca con l'insegnamento. Si tratta di uno dei settori più fecondi della ricerca neuro-educativa ed è stato lanciato dall'*International Mind, Brain, and Education Society* per promuovere l'integrazione delle diverse discipline che indagano l'apprendimento e lo sviluppo umano.

I ricercatori MBE cercano di connettere l'educazione con la biologia e le scienze cognitive, per offrire all'azione didattica svolta in classe un supporto scientifico più solido, grazie soprattutto alle più recenti ricerche nel campo delle neuroscienze cognitive. Un campo d'indagine che presuppone una stretta collaborazione fra ricercatori ed insegnanti, che lavorano insieme nella strutturazione dei protocolli di ricerca, così che i risultati possano avere un'utilità diretta e immediata nel campo didattico. In particolare, considerano come sfruttare la naturale capacità di attenzione umana, come utilizzare gli studi sui sistemi di memoria per pianificare le lezioni e come utilizzare la ricerca sul ruolo delle emozioni nell'apprendimento.

I primi nuclei di studio e ricerca in *Mind, Brain, and Education* sono sorti quasi contemporaneamente a Parigi, Tokyo e Cambridge, sull'onda della riflessione avviata nel 1997 dall'articolo di John T. Bruer già citato. A Parigi, Bruno della Chiesa, Pierre J. Léna ed altri ricercatori, furono gli ispiratori del Progetto del *Council on Educational Research and Innovation* (CERI) dell'OECD, denominato "*Learning Sciences and Brain Research*", che nel 2002 riunì scienziati ed educatori col fine di promuoverne la collaborazione nel campo della ricerca educativa e delle scienze dell'apprendimento e del cervello.

A Tokyo nel 2000, il Japan Science and Technology Agency (JST) lanciò un programma nazionale in *brain-science and education*, alla cui guida venne nominato Hideaki Koizumi, già noto nel mondo della ricerca neuroscientifica per aver messo a punto una nuova tecnica non invasiva di *brain imaging*, la *Near Infrared Spectroscopic Optical Topography* (NIRS-OT).

A Cambridge nel 2004, nell'Università di Harvard, Kurt Fischer, Howard Gardner e altri ricercatori diedero vita al primo master in MBE. Di lì a poco i gruppi di Cambridge, Tokyo e Parigi cominciarono a collaborare, fondando nel 2004 l'*International MBE Society* (IMBES) e lanciando nel 2007 la rivista *Mind, Brain, and Education*.

La MBE come campo di ricerca nasce dall'intersezione disciplinare di tre campi d'indagine molto diversi tra di loro a livello storico, filosofico ed epistemologico: le neuroscienze, la psicologia e l'educazione.

La natura di questa intersezione è ancora controversa: per alcuni autori la MBE si caratterizza come un campo di ricerca interdisciplinare focalizzato sui problemi, che cerca di unire prospettive biologiche, psicologiche ed educative, con l'espressa intenzione di migliorare la

pratica educativa (Immordino-Yang, 2008); per altri, invece, si caratterizza come un campo di ricerca transdisciplinare, cioè un'area di indagine che costruisce connessioni oltre le relazioni multidisciplinari, crea nuove sintesi disciplinari e, selezionando solo le informazioni utili alla costruzione di una scienza dell'apprendimento e dell'insegnamento, mette in stretta relazione scienziati, studenti e professionisti. (Tokuhamma Espinosa, 2011)

In definitiva la MBE rappresenta un nuovo modo di considerare vecchi problemi educativi ed offre soluzioni didattiche direttamente applicabili in classe. La differenza con le altre discipline affini sta nel fatto che la MBE pone la medesima enfasi sia nella ricerca sull'apprendimento (che è il focus della *brain-based learning*, della *educational neuroscience*, della psicologia dell'educazione, della neuropsicologia cognitiva e delle neuroscienze) sia sull'insegnamento (pedagogia). (Tokuhamma-Espinosa, 2011)

Inoltre, se le neuroscienze vengono spesso criticate perché le proprie ricerche sono troppo lontane dal lavoro didattico, l'insegnamento è stato criticato perché troppo lontano dalle evidenze scientifiche: MBE dà la stessa importanza alla ricerca e alla pratica tentando di colmare questo gap, producendo risultati fondati sia sulla ricerca neuroscientifica sia sulla pratica didattica.

3.2 Scoperte neuroscientifiche e Glottodidattica

Le nuove scoperte in ambito neuroscientifico gettano una nuova luce sui meccanismi del cervello e sull'apprendimento, consentendo di rileggere in chiave neurologica la didattica odierna.

Pertanto, per implementare un percorso di apprendimento di una lingua altra rispetto alla lingua madre, è necessario che l'insegnante di lingua straniera conosca e sfrutti al meglio il funzionamento del cervello, mettendo in atto pratiche didattiche e proponendo attività che tengano in considerazione l'apporto delle neuroscienze, in particolare, l'esistenza della plasticità cerebrale e la presenza dei neuroni specchio.

Il modello di Unità di Apprendimento, presentato nel primo capitolo di questo elaborato, non sembra prendere in considerazione tutti i contributi che derivano dall'ambito neuroscientifico e si basa su teorie che oggi risultano superate. È necessario, quindi, integrare queste nuove

risorse nel processo di apprendimento della lingua straniera, rivisitando il modello operativo attualmente utilizzato nei contesti glottodidattici.

3.2.1 L'importanza della neuroplasticità nei processi di apprendimento

Le teorie neuroscientifiche derivanti dagli studi di Marcel Danesi su cui si fonda il modello di Unità di Apprendimento vengono considerati dei falsi miti sul funzionamento del cervello, in quanto, presuppongono l'esistenza di una predominanza emisferica destra o sinistra e di un limite genetico e strutturale secondo il quale alcune persone non sono nate per determinate materie.

Questo conduce alla diffusione del pensiero che gli scarsi risultati degli studenti in alcune discipline possano essere associati ad una specializzazione emisferica destra o sinistra oppure ad un limite genetico. Capita frequentemente di sentir parlare di persone che hanno una specializzazione emisferica destra e che, quindi, non sono in grado di apprendere una lingua straniera, essendo più predisposti all'apprendimento di discipline scientifiche.

Si tratta, però, di una banalità del senso comune che riguarda la psicologia. Seppur risulti ormai imprescindibile l'esistenza di due emisferi, destro e sinistro, specializzati in alcune funzioni, non è corretto parlare di una separazione emisferica netta.

L'emisfero sinistro viene considerato logico e ad esso si rifanno le capacità che riguardano il pensiero astratto, la logica, il linguaggio. L'emisfero destro, definito creativo, si rifà al pensiero immaginifico, alle emozioni, alla creatività, all'intuizione, a tutto ciò che riguarda il linguaggio non verbale.

Riprendendo quanto esposto da Rivoltella (2012) e da Geake (2008), non esistono persone con dominanza del cervello sinistro (metodiche) e con dominanza del cervello destro (creative). Come spiega Carpuso, (2015, p. 54) «il funzionamento del cervello è allo stesso tempo olistico e basato su aree specializzate».

In ogni emisfero sono presenti centri che si occupano di svolgere determinate funzioni, ma il cervello funziona con entrambi gli emisferi. Gli studi derivanti dalle nuove tecnologie di neuroimmagine hanno dimostrato che il cervello funziona grazie alla sua connettività ovvero grazie alle reti di neuroni di cui è dotato. Le aree funzionali dei due emisferi lavorano sempre

in collegamento tra di loro poiché gli assoni possono essere abbastanza lunghi da collegare tra loro aree cerebrali anche lontane: quando l'input raggiunge l'emisfero sinistro, non viene elaborato solamente nell'emisfero sinistro ma c'è sempre un passaggio tra i due emisferi.

Ad esempio, per quanto riguarda il linguaggio, si è soliti dire che la sua elaborazione derivi interamente dalla parte sinistra del cervello, ma si tratta di un'affermazione non corretta, poiché tutto ciò che riguarda la comunicazione non verbale (prosodia, pragmatica...) ha a che fare con la parte destra.

Non si può, quindi, parlare di una specializzazione dell'emisfero sinistro che si occupa del linguaggio. Le informazioni passano da un emisfero all'altro.

Se prendessimo come valida l'esistenza di una specializzazione emisferica netta ed eseguiamo un'ablazione totale dell'emisfero sinistro, i soggetti con predominanza emisferica sinistra non sarebbero più in grado di parlare.

Invece, è stato dimostrato da recenti studi neuroscientifici che, anche chi ha subito danni cerebrali all'emisfero sinistro, è in grado di recuperare la funzione del linguaggio grazie all'esistenza della neuroplasticità che permette di utilizzare i centri dedicati alla comunicazione situati nell'emisfero destro per sviluppare il linguaggio.

La capacità di apprendere è strettamente dipendente dalle modifiche che riguardano la struttura del cervello. Quindi, grazie alla plasticità, anche chi non sembra predisposto, ad esempio, all'apprendimento di una lingua straniera, può raggiungere questo obiettivo.

«È tutta una questione di educazione e di sviluppo di potenzialità tramite l'esercizio e lo svolgimento di compiti» afferma Carpuso (2015, p. 55) Per questo motivo, è importante favorire esperienze di apprendimento volte a coinvolgere globalmente la persona attraverso forme di pedagogia olistica e mediante esperienze di educazione attiva.

La base per poter riorganizzare i circuiti neuronali è data dall'attività. Svolgendo attività e attraverso la relazione con l'ambiente circostante, il cervello riesce a creare nuove sinapsi e a rafforzare quelle già esistenti. L'esperienza del mondo dà forma al cervello quindi ogni forma di apprendimento ha conseguenze fisiche (anche permanenti) sul cervello. (Carpuso, 2015, p. 51)

La metafora del *teaching with the brain in mind* usata da Taylor e Lamoreaux (2008, p. 49), è molto efficace per comprendere quanto sia importante che i docenti abbiano la consapevolezza che il cervello cambia attraverso l'apprendimento: le continue connessioni, generate dall'esposizione a nuovi stimoli, modificano le sinapsi, creando connessioni sempre più complesse e più forti: «*they fire together, they wire together*» (Taylor, Lamoreaux, 2008, p. 50).

L'insegnante ha il compito di sviluppare la neuroplasticità dei propri studenti attraverso l'utilizzo di alcune strategie mirate: più facilmente essi trovano connessioni con le informazioni precedenti, maggiore è il senso attribuito alle nuove informazioni e più semplice diventa la possibilità di ricordarle.

In questo senso, la neuroplasticità rappresenta il primo ponte tra neuroscienza e apprendimento.

3.2.2 L'importanza dei neuroni specchio nei contesti di apprendimento

L'epidemia di Covid-19 e il conseguente lockdown ha comportato la chiusura di tutte le scuole rendendo necessaria l'attivazione di una modalità alternativa priva di rischi di contagio, che è stata individuata nella didattica a distanza (DAD).

Nonostante questa nuova modalità abbia permesso la fruizione della didattica ad un numero di partecipanti potenzialmente illimitato, incrementando il raggio d'estensione della lezione, lo schermo del computer ha determinato la perdita di contatto personale tra docente e studente, rendendo ardua una relazione educativa che oltrepassi la mera trasmissione di nozioni.

Questo nuovo contesto di apprendimento ha messo in evidenza l'importanza dei neuroni specchio coinvolti nell'apprendimento.

La lezione frontale è basata sulla relazione tra allievo e insegnante e il processo di rispecchiamento generato dalla relazione è fondamentale per creare una relazione empatica.

La recente scoperta dei neuroni specchio ha dimostrato che esistono dei meccanismi nervosi che ci permettono di cogliere in modo automatico le emozioni e le intenzioni dell'altro. Grazie ai meccanismi di rispecchiamento e simulazione, l'altro è vissuto come un altro sé.

È proprio grazie a questi processi resi possibili dai neuroni specchio che si basa un'efficace relazione studente/docente. Lo studente è spinto ad emulare la passione e la curiosità del docente e il docente riceve una spunta motivazionale dall'evidente impegno dello studente.

Durante la DAD i processi di rispecchiamento sono limitati: gli studenti vedono solo il volto ma non il corpo dell'insegnante, quindi manca la prossemica. Inoltre, la voce è alterata da problemi di banda. Allo stesso modo, i docenti non vedono i volti degli studenti e non ne sentono nemmeno la voce in quanto il numero di interazioni è minore rispetto a quello del setting faccia-a-faccia.

All'interno della classe fisica si verifica, inoltre, un processo di sincronizzazione delle onde cerebrali della classe che è direttamente proporzionale alle dinamiche sociali e al coinvolgimento nelle lezioni ed è generato dall'attenzione condivisa presente in classe che a sua volta è legata al contatto visivo, allo scambio di sguardi tra i presenti e alla presenza di interazioni faccia a faccia precedenti alla lezione.

Nelle piattaforme utilizzate per la DAD, Zoom e Meet nello specifico, tali processi di sincronizzazione sono limitati: gli studenti vedono solo il docente, ma non gli occhi degli altri studenti e questo limita significativamente la possibilità di sincronizzazione della classe.

Il docente spesso non vede nessuno perché gli studenti tengono le telecamere spente o per i limiti del software ed ha più difficoltà a coinvolgere il gruppo classe in attività condivise. Di fatto, risulta limitata la condivisione cognitiva ed emotiva degli argomenti della lezione, viene meno quella modalità di interazione con i presenti che consente di porre l'enfasi sui passaggi salienti con l'ausilio del linguaggio del corpo e l'attenzione risulta ridotta.

A proposito di attenzione, essa rappresenta il meccanismo che sta alla base di qualsiasi apprendimento e, neurologicamente, è definita come la capacità del cervello di privilegiare i segnali elettrici relativi ad una determinata esperienza, lasciando cadere tutti gli altri.

In DAD l'attenzione viene meno perché spesso gli studenti, mentre si trovano davanti al computer, si dedicano ad altro.

Il cervello, però, non è fatto per fare più cose contemporaneamente: alla base dell'apprendimento di una competenza vi è l'attenzione selettiva, ovvero la capacità di

focalizzare l'attenzione su una specifica categoria di stimoli escludendone altri. Si tratta di una strategia elaborata dal cervello per evitare di dover decifrare troppi input irrilevanti ed è fondamentale per apprendere.

Nonostante il cervello sia in grado di procedere in multitasking, ovvero la persona può essere impegnata in due o più attività differenti contemporaneamente, molte ricerche psicologiche hanno evidenziato che questo fenomeno mette a dura prova l'attenzione.

L'attenzione, infatti, presenta due principali modalità di funzionamento: i processi controllati richiedono l'impiego di risorse attentive e hanno tempi di esecuzione più lenti, i processi automatici, invece, avvengono al di fuori della consapevolezza dell'individuo e, dunque, non richiedono particolari risorse.

Il multitasking funziona solo nel caso di compiti semplici o di attività che sono già state memorizzate e che quindi sono considerate automatiche.

Per quanto riguarda l'apprendimento, il multitasking non funziona perché l'attenzione deve rimanere focalizzata sui contenuti della lezione per favorire l'acquisizione di nuove conoscenze. Solo un'attenzione consapevole, infatti, genera apprendimento.

3.2.2.1 Neuroni specchio e apprendimento delle lingue straniere

Molti studi neurofisiologici, utilizzando tecniche di neuroimmagine che consentono di studiare l'andamento temporale dell'attività cerebrale (EEG e MEG), hanno mostrato chiaramente che, durante la lettura o l'ascolto di verbi che esprimono un contenuto motorio, si assiste ad un reclutamento delle aree motoria e premotoria, le aree nel cervello attivate durante l'esecuzione delle azioni espresse nei verbi letti o ascoltati, quando effettivamente eseguite.

Altri studi condotti per mezzo di tecniche neurofisiologiche (in particolare con la stimolazione magnetica transcranica, TMS) e comportamentali, dove venivano utilizzati come stimoli i verbi, hanno mostrato che, in un tempo precoce dopo la presentazione dello stimolo, si osserva una diminuzione dell'ampiezza del potenziale motorio evocato e si assiste ad un rallentamento dei tempi di reazione nelle risposte eseguite con l'effettore biologico normalmente coinvolto nell'esecuzione dell'azione espressa dal verbo.

Quindi, quando il sistema motorio è coinvolto sia in un compito motorio sia in un compito linguistico si evidenzia un rallentamento delle risposte motorie a livello comportamentale ed in una riduzione dell'ampiezza dei potenziali motori evocati a livello neurofisiologico.

Poiché i nomi si riferiscono agli oggetti e gli oggetti sono rappresentati nella corteccia motoria e premotoria, ci si può attendere che anche i nomi che fanno riferimento a situazioni ed elementi concreti e rilevanti dal punto di vista motorio e/o sensoriale, al pari dei verbi, siano codificati nel sistema motorio.

Inoltre, il coinvolgimento del sistema motorio nell'analisi linguistica non sembra limitarsi alle categorie grammaticali dei nomi e dei verbi: la stimolazione magnetica transcranica è stata somministrata durante la lettura di aggettivi che esprimono proprietà pragmatiche positive e proprietà pragmatiche negative e lo studio ha dimostrato che anche gli aggettivi sembrano modulare l'attività del sistema motorio in modo coerente con i significati che veicolano, al pari dei verbi e dei nomi.

È quindi plausibile che il reclutamento dei sistemi motorio e sensoriale non sia soltanto il risultato di una generica interazione fra questi sistemi e possibili meccanismi neurali specificamente deputati alla codifica del linguaggio, ma piuttosto che questi stessi sistemi svolgano un ruolo non marginale nell'analisi e nella comprensione del materiale linguistico.

Infatti, le stesse strutture nervose che presiedono all'organizzazione dell'esecuzione motoria delle azioni svolgono un ruolo anche nella comprensione semantica delle espressioni linguistiche utilizzate per descriverle.

Si può affermare, quindi, che la comprensione semantica del linguaggio è mediata da simulazioni che coinvolgono il sistema motorio e presuppone l'attivazione degli stessi circuiti nervosi che intervengono nell'esecuzione dell'azione stessa. (Buccino, Mezzadri, 2013)

3.2.2.1.1 Embodied simulation and cognition

Grazie alla peculiarità dei neuroni specchio di attivarsi non solo quando è il soggetto stesso a compiere un'azione, ma anche quando questo osserva la stessa azione compiuta da altri, Vittorio Gallese ha formulato la teoria della simulazione incarnata (o *embodied simulation*).

Come affermato in precedenza, la comprensione linguistica non è prodotta dall'integrazione sensori-motoria ottenuta in una presunta "area di associazione" indipendente dall'area motoria, ma dipenderebbe dall'attivazione degli stessi programmi sensori-motori che si utilizzano per eseguire le azioni che si osservano o si ascoltano. Questo avviene grazie al meccanismo inconscio e automatico di simulazione motoria. (Gallese, Miogone, Eagle, 2006).

L'uomo, inoltre, è in grado di comprendere le azioni e le esperienze altrui dal momento in cui ne condivide la natura corporea e la rappresentazione neurale corporea sottostante. Pertanto, si può parlare di cognizione incarnata (o *embodied cognition*), in quanto, stati e processi mentali sono rappresentati in un formato corporeo.

In particolare, il paradigma della cognizione incorporata enfatizza il ruolo delle possibilità d'interazione con l'ambiente associate al possesso di sistemi percettivi e di abilità motorie. Ciò conduce i sostenitori di questa visione ad affermare che la definizione di processi come la percezione, il ragionamento e il linguaggio dipendono, da un punto di vista ontologico ed epistemico, da proprietà corporee collocabili al di là dei confini stabiliti dal sistema nervoso. La cognizione incorporata nega che i processi cognitivi siano riducibili tout court a processi di tipo algoritmico interni al sistema, attribuendo alle proprietà morfologiche del corpo e alle sue interazioni con l'ambiente un ruolo determinante nella genesi della cognizione.

La scoperta dei neuroni specchio è strettamente collegata con l'apprendimento perché alla base di questo meccanismo vi è l'imitazione che può essere intesa sia come la capacità di un soggetto di replicare un atto compiuto da altri e già appartenente alla sua memoria motoria oppure come il replicare e l'apprendere un'azione del tutto nuova per il soggetto imitante.

Nel primo caso l'imitazione entra in gioco richiamando la riproduzione di atti già conosciuti, nel secondo caso, invece, l'imitazione sfocia in apprendimento. Attraverso l'utilizzo della fMRI, è stato dimostrato, infatti, che i neuroni specchio danno origine anche ad acquisizioni nuove.

A questo proposito, secondo Rizzolatti e Sinigaglia (2016, p. 140) è importante citare l'affermazione dell'etologo Richard Byne, il quale è convinto che l'apprendimento per imitazione sia il risultato di due processi: il primo corrisponde al momento in cui l'osservatore, dopo aver guardato un'azione, è in grado di scomporla in tutti i suoi elementi e di ricondurre

ciascuno di essi alla sua memoria motoria; il secondo consiste nella riproduzione vera e propria dell'atto che avviene grazie alla precedente scomposizione e decodificazione attuata dal soggetto che è dotato di un immenso patrimonio motorio. Questo patrimonio motorio non gli permette solo di imitare atti motori ma anche forme di comportamento, tra cui il linguaggio verbale. Infatti, l'area di Broca, zona in cui si trovano i neuroni specchio dell'uomo, corrisponde all'area F5 del cervello del macaco e, nel cervello umano, è implicata nella produzione del linguaggio.

Michael A. Arbib afferma: «il sistema dei neuroni specchio, che agisce all'interno del riconoscimento e dell'identificazione dei movimenti della mano nel corso delle azioni, fornisce le basi evolutive dei meccanismi cerebrali deputati al linguaggio». (Arbib, 2006, p.2)

Questa affermazione deriva dal fatto che i neuroni specchio sono localizzati nell'area responsabile del linguaggio ma Rizzolatti e Sinigaglia sostengono che l'area di Broca non possiede solo caratteristiche esclusivamente legate a funzioni verbali e non si attiva solo in questi contesti. Essa, al contrario, si attiva anche quando vengono eseguiti movimenti orofacciali, brachiomaneali e orolaringei.

Questo dimostra che le origini del linguaggio non sono da ricercare nelle prime forme di comunicazione verbale, ma piuttosto nell'evoluzione del sistema comunicativo gestuale.

Per riportare le parole dei due studiosi: «il fatto che quelle aree (aree F5 nel macaco e di Broca nell'uomo) siano accomunate da un tale meccanismo starebbe ad indicare (...) che lo sviluppo progressivo del sistema dei neuroni specchio abbia costituito una componente chiave nella comparsa ed evoluzione della capacità umana di comunicare, a gesti prima e a parole poi». (Rizzolatti e Sinigaglia, 2006, p. 152)

Dal momento che percezione, azione e cognizione insistono tutte sulla stessa concatenazione motoria, l'attivazione di quest'ultima comporta una comprensione diretta dell'azione altrui ed è questo che porta Rizzolatti a dire: «il cervello che agisce è anche e innanzitutto un cervello che comprende». (Rizzolatti e Sinigaglia, 2006, p. 3)

I due autori mettono in evidenza come la possibilità di comprendere sia legata al “vocabolario di atti” che si possiedono sulla base della propria esperienza: più è grande il vocabolario di atti, più siamo in grado di apprendere.

3.2.2.1.2 Teoria dell'Embodiment

La Teoria dell'*Embodiment* si basa sul pensiero che gli esseri umani utilizzino le stesse strutture neurali con cui esperiscono la realtà anche per comprendere il materiale linguistico che descrive quelle stesse esperienze. (Buccino, Mezzadri, 2013, p. 5)

Inoltre, secondo tale teoria non esiste facoltà mentale umana che non sia incarnata, cioè radicata nell'esperienza corporea e l'esperienza è fondamentale sia nella comprensione che nella produzione linguistica.

Questo aspetto si rivela molto interessante nell'apprendimento e nell'insegnamento di una lingua seconda o straniera: «quando si insegna e si apprende un elemento linguistico in una L2 o in una LS, esso deve fare riferimento a qualcosa che sia già stato oggetto di esperienza sensoriale e motoria dell'apprendente». (Mezzadri, 2017, pp. 43-44)

Nell'insegnamento della lingua straniera si dovrebbe sfruttare il meccanismo linguaggio-azione e tenere presente che una maggiore comprensione linguistica può avvenire nel momento in cui il soggetto legge o ascolta parole che fanno riferimento a situazioni concrete e soprattutto già sperimentate.

In altre parole, aver già sperimentato un'azione espressa verbalmente consentirà una maggiore comprensione della parola in oggetto. L'acquisizione risulterà migliore se gli studenti, oltre a disporre di una comprensione prettamente verbale del concetto, sono in grado di associare le parole ad esperienze pregresse.

Di conseguenza, centrali nell'apprendimento di una lingua straniera non saranno solo le conoscenze linguistiche, ma anche e soprattutto le capacità legate all'uso della lingua.

Mezzadri ritiene che la scuola, e in termini più generici la glottodidattica, debbano assumere un atteggiamento di apertura in modo tale che «proposte come quella dell'*Experiential learning* siano viste come strumenti utili alla maturazione di proposte didattiche sempre più adeguate e rispettose di quella conoscenza che il contributo neuroscientifico – dell'*embodiment*, nel nostro caso – mette a disposizione» (Mezzadri, 2015, p. 160).

Inoltre, lo studioso indica tre regole che gli insegnanti di lingue dovrebbero rispettare:

- 1) «il contenuto da insegnare dovrebbe essere incentrato sull'apprendente e sulla sua esperienza (...);
- 2) se l'esperienza non sostiene gli elementi linguistici che devono essere insegnati, la prima fase dell'azione didattica consiste nello stimolare lo sviluppo di esperienze sensori-motorie specifiche che saranno in seguito etichettate verbalmente. Questo significa che una lingua seconda o straniera dovrebbe essere insegnata e appresa per essere usata in contesti comunicativi, ma che i contesti comunicativi dovrebbero essere il punto di partenza per ogni processo di apprendimento linguistico (...);
- 3) durante il processo di insegnamento di una lingua, l'approccio a ogni nuovo input linguistico (...) dovrebbe prendere le mosse della riattivazione della pre conoscenza e dell'esperienza». (Mezzadri, 2015, pp. 163-164)

3.3 Riflessione sul Modello di Unità di Apprendimento

Le nuove scoperte neuroscientifiche e le teorie supportate dalle neuroscienze suggeriscono che insegnamento e apprendimento si incrementano in un contesto sereno, privo di stress e ricco di esperienze motorie, in cui l'imitazione svolge un ruolo cruciale.

L'Unità Didattica comprende, effettivamente, una fase iniziale di motivazione in cui l'insegnante crea un contesto di apprendimento sereno, fondamentale per favorire il processo di acquisizione: lo sviluppo della motivazione degli studenti, però, deve essere mantenuta per tutta la durata del processo di apprendimento, non deve essere circoscritta alla fase di motivazione.

Le emozioni rappresentano, infatti, una modalità di produzione di apprendimento insieme al lavoro cognitivo. Come riportato nel capitolo precedente, all'interno del processo di apprendimento l'azione del sistema cerebrale e delle sue funzioni è determinata da un ruolo fondamentale svolto dai neurotrasmettitori (sostanze chimiche emozionali), secreti prevalentemente a livello del tronco encefalico. Essi si diramano in varie aree della neocorteccia, costituendo le fondamenta dell'apprendimento e sono regolati dall'amigdala. (Tino, Fedeli, Mapelli, 2019, p. 36)

Mentre l'ippocampo ricorda i fatti, l'amigdala è la sede del nostro archivio di memoria emozionale, analizza l'esperienza corrente con quanto già accaduto in passato e fornisce ad ogni stimolo il giusto livello di attenzione, arricchendolo di emozioni ed avviando il processo di immagazzinamento sotto forma di ricordo.

«Questo spiega come il docente possa far leva sulle emozioni per promuovere l'apprendimento, ricorrendo a strategie che generano coinvolgimento e intensificano lo stato emozionale di chi apprende, creando un ambiente sicuro per la partecipazione, la costruzione di significati e il sostegno alla memoria. Essere supportati da un docente o facilitatore che con equilibrio incoraggia e crea ottime condizioni ambientali, consente a coloro che apprendono di essere supportati nel loro viaggio neuronale volto alla riorganizzazione del pensiero, perché il *brain-friendly learning* include connessioni *mind-to-mind* e *heart-to heart*. Occorre dunque creare ambienti di apprendimento coinvolgenti ed emozionanti che non implica diminuire le sfide cognitive, ma essere consapevoli che per il pensiero, la memoria e l'apprendimento, che sono tra loro interconnessi, le emozioni svolgono una funzione vitale». (Tino, Fedeli, Mapelli, 2019, pp. 36-37)

In altre parole, l'insegnante deve tener conto che i contenuti emotivi di un'esperienza rappresentano un rafforzamento indispensabile per una buona memorizzazione e riconoscere l'importanza di collegare l'acquisizione di nuove informazioni con esperienze emotive coinvolgenti in modo tale da generare una pluralità di ancoraggi informativi che consentiranno una più veloce e facile rievocazione.

In maniera speculare le emozioni negative e, in particolare, l'ansia e la paura sono in grado di turbare profondamente l'efficacia del sistema cognitivo, in alcuni casi bloccandolo quasi completamente. Questo perché, quando si vivono esperienze di dolore ed angoscia, l'amigdala si attiva, invia informazioni all'ippocampo, ostacolando il processo di apprendimento. Il rilascio di alcuni enzimi prodotti dall'amigdala facilita la registrazione del ricordo che verrà utilizzato per evitare o prevenire in futuro la stessa situazione.

Il recupero di esperienze pregresse contribuisce a rendere l'apprendimento significativo, il quale si verifica quando chi apprende mette in relazione le nuove informazioni con le conoscenze che già possiede.

L'apprendimento significativo si trova in contrapposizione con l'apprendimento meccanico, il quale prevede che le nuove informazioni memorizzate non vengano collegate alle conoscenze precedenti.

Infatti, se da un punto di vista biologico l'apprendimento corrisponde alla formazione di una nuova rete di connessioni tra neuroni e alla modifica delle connessioni sinaptiche preesistenti, quando un'informazione passa diverse volte attraverso la medesima sequenza di sinapsi, il percorso è facilitato e viene rinforzato. Questo significa che il cervello cerca di mettere in relazione le informazioni da apprendere con quelle che ha già memorizzato e che l'apprendimento si realizza in contesti utili a garantire a chi apprende la significatività dell'esperienza.

Anche in questo caso, il ruolo dell'esperienza è, quindi, fondamentale poiché innesca la plasticità cerebrale mutando le strutture del cervello, attraverso la formazione di nuove sinapsi.

Per tutta la durata dell'Unità di Apprendimento, oltre a creare un contesto *caring* in cui ogni studente si sente accolto e incentivato a costruire la propria motivazione e a mantenerla alta per tutto il processo di apprendimento, rievocando le conoscenze pregresse come base per apprendere di nuove, è necessario riconsiderare anche la qualità delle relazioni, che influenzano le performance degli allievi nell'esecuzione dei compiti, integrando competenze di tipo cognitivo, emotivo e relazionale, in quanto la comprensione delle azioni avviene integrando l'esperienza del nostro corpo a quella dell'altro.

L'apprendimento di una lingua straniera è, quindi, facilitato da un contesto anche ricco di stimoli sensoriali.

Per passare dall'apprendimento all'acquisizione, le neuroscienze suggeriscono di predisporre attività, contestualizzando gli input linguistici forniti e predisponendo attività basate sull'esperienza sensoriale e motoria.

Le scoperte neuroscientifiche dovrebbero, infatti, indurci a modificare radicalmente le aule di formazione, introducendo momenti in cui il corpo può esperire il suo importantissimo ruolo di strutturatore dell'apprendimento, magari sviluppando set di situazioni che consentano di sperimentare dei repertori di esperienze ad hoc.

La Teoria dell'*Embodiment* rappresenta uno strumento in grado di fornire strategie didattiche basate sul funzionamento del cervello, che possono essere introdotte nelle tre fasi dell'Unità di Apprendimento (globalità-analisi-sintesi).

Secondo questa teoria, l'esperienza ha un ruolo indispensabile nell'apprendimento delle lingue straniere, in quanto, gli esseri umani utilizzano le stesse strutture neurali con cui esperiscono la realtà anche per comprendere il materiale linguistico e i neuroni specchio sanciscono questo ruolo fondamentale dell'esperienza, soprattutto di tipo corporeo, sia nei processi relazionali e sia nei processi di apprendimento.

A questo proposito all'interno dell'Unità di Apprendimento di una lingua straniera dovrebbero essere utilizzate metodologie laboratoriali, nelle quali viene favorito un apprendimento percettivo-motorio, caratterizzato da un notevole uso del corpo, del gioco e della drammatizzazione. L'apprendimento deve essere interattivo e divertente e un buon modo per incoraggiare l'apprendimento è trasformarlo in azione.

È stato dimostrato che si comprende e si ricorda meglio quando fatti e competenze vengono appresi utilizzando la memoria spaziale evocata attraverso quello che viene definito "apprendimento esperienziale". In questo senso l'utilizzo di immagini, dimostrazioni pratiche, esperienze sul campo facilitano l'apprendimento.

Secondo Zull (2002) l'apprendimento dovrebbe interessare le quattro aree della neocorteccia. In particolare, in un primo momento la raccolta dati avviene mediante l'area sensoriale. Successivamente si assiste al trasferimento di questi alla corteccia temporale per poter essere associati alle informazioni preesistenti fino a modificarle. Dopo l'interpretazione delle informazioni, grazie alle aree associative, i significati vengono trasportati attraverso le reti neuronali alla corteccia frontale analitica. A questo punto, i pensieri razionali dalla corteccia frontale sono inviati alla corteccia motoria, dove prendono la forma di sperimentazione attiva e quindi di azione. (Tino, Fedeli, Mapelli, 2019, pp. 38-39)

È corretto, quindi, all'interno di un'Unità di Apprendimento partire da un testo e interagire con la lingua riconoscendo a posteriori le regole che la sottintendono perché in questo modo si sposta l'interesse verso i processi cognitivi, privilegiando una riflessione sulla lingua, anziché

privilegiare l'apprendimento della lingua straniera per settori (fonologia, morfologia, sintassi, lessico...) e chiedere all'alunno di applicare le regole precedentemente imparate.

Nel momento in cui l'insegnante propone le attività da svolgere in classe come attività di *problem-solving*, sottopone un testo ad analisi, fornendo la propria interpretazione, la lezione mantiene comunque il suo valore formativo.

Il modello di Unità di Apprendimento, però, non prende in considerazione il fatto che i neuroni specchio hanno contribuito a dimostrare che qualsiasi tipo di apprendimento avviene attraverso l'osservazione e l'imitazione. La consapevolezza dell'esistenza dei neuroni specchio può essere utile per mettere in atto strategie che favoriscono un apprendimento di tipo imitativo.

La maggior parte dei comportamenti che un soggetto acquisisce, sia in un contesto scolastico sia extrascolastico, avviene in maniera inconscia e implicita: è solo osservando un modello più esperto che gli individui possono essere attivi nel proprio processo di apprendimento ed attivare apprendimenti significativi.

Per questo bisognerebbe riconsiderare il ruolo dell'insegnante all'interno della classe: non deve più svolgere solo la funzione di moderatore nelle attività, ma anche la funzione di modello che permette la partecipazione attiva degli studenti e, insieme a loro, la co-costruzione delle conoscenze.

Attraverso il "*modeling*" l'insegnante offre la possibilità allo studente di osservare il metodo proposto, di acquisire attraverso un'esperienza-modello strumenti validi per poter affrontare successivamente situazioni analoghe. In particolare, la tecnica del modellamento consiste nella proposta di esperienze di apprendimento attraverso l'osservazione del comportamento del soggetto che funge da modello.

In conclusione, il modello di Unità di Apprendimento risulta un po' rigido nella sua articolazione in fasi e sembra non rispettare completamente quanto proviene dalle neuroscienze.

La Glottodidattica odierna dovrebbe tener conto dei contributi che le nuove scoperte neuroscientifiche possono apportare ai processi di insegnamento e apprendimento, sfatando i miti diffusi in ambito didattico sul cervello.

Grazie alla conoscenza sulle modalità di funzionamento e l'anatomia del cervello, è possibile creare contesti scolastici orientati a promuovere e a sostenere le attività di connessione neuronale e mettere in atto strategie didattiche realmente efficaci ed utili per generare un apprendimento significativo delle lingue straniere.

3.4 Breve sintesi capitolo 3

Nonostante le numerose criticità che caratterizzano da sempre il rapporto tra neuroscienze ed educazione, è innegabile lo straordinario impatto che gli studi neuroscientifici esercitano sulle pratiche educative.

I principi derivanti dalle neuroscienze spesso vengono fraintesi, applicati in modo errato, in ambito glottodidattico.

Si riflette, quindi, su quanto si può ritenere valido delle teorie su cui si fonda il Modello di Unità di Apprendimento e quali suggerimenti provenienti dalle neuroscienze è fondamentale integrare per poter apprendere una lingua straniera in modo efficace.

La scoperta della neuroplasticità permette di sfatare alcuni miti legati alla dominanza cerebrale e, attraverso i recenti studi relativi ai neuroni specchio che suggeriscono di favorire un apprendimento di tipo imitativo, si dimostra che la nozione di esperienza percettiva e motoria rappresenta la premessa fondamentale per l'acquisizione linguistica.

CONCLUSIONES

En esta tesis, se han hecho varias críticas sobre la validez del modelo operativo que se utiliza actualmente en la glotodidáctica tras los recientes descubrimientos en el campo neurocientífico.

Los numerosos estudios sobre el funcionamiento del cerebro y los mecanismos que subyacen al aprendizaje han demostrado que las principales teorías a las que se refiere el modelo de la Unidad de Aprendizaje no parecen tener una validez científica demostrada.

En particular, los principios de direccionalidad y bimodalidad de Marcel Danesi implican la presencia de una clara separación entre las funciones de los dos hemisferios cerebrales y conducen a la creencia generalizada de que existe un predominio hemisférico izquierdo o derecho y una limitación genética y estructural según la cual algunas personas no están dotadas para determinadas materias, en nuestro caso las lenguas extranjeras.

Las técnicas de neuroimagen, por su parte, han permitido comprobar que el aprendizaje es el resultado de la conexión continua entre neuronas que se produce a través de sinapsis eléctricas o químicas. Aunque cada hemisferio realiza determinadas funciones, las áreas funcionales de los dos hemisferios siempre trabajan en conexión entre sí.

La exposición constante a estímulos externos permite modificar las sinapsis existentes y crear otras nuevas, lo que demuestra la existencia de la neuroplasticidad. Además, se ha demostrado que el cerebro intenta relacionar la información que se va a aprender con los conocimientos previos.

Las emociones también desempeñan un papel clave en el aprendizaje, ya que están reguladas por la amígdala, que envía información al hipocampo, la zona responsable de la memoria y del aprendizaje.

Los estudios neurocientíficos han demostrado que el contenido emocional de una experiencia es un refuerzo indispensable para el éxito de la memorización. Por eso, en el ámbito de la enseñanza de idiomas, es necesario reconocer la importancia de vincular la adquisición de nueva información con experiencias emocionales atractivas y evitar el desarrollo de emociones negativas, como la ansiedad y el miedo, que pueden obstaculizar el proceso de aprendizaje. Por ello, es necesario que el aprendizaje se produzca en contextos libres de estrés que garanticen el sentido de la experiencia.

Otro descubrimiento fundamental que ha permitido reconsiderar el modelo de la Unidad de Aprendizaje es el relativo a las neuronas espejo, que ha mostrado cómo un tipo de aprendizaje basado en la imitación es relevante en el desarrollo de las habilidades lingüísticas y ha confirmado que el aprendizaje de idiomas tiene una base sólida en la experiencia corporal.

Los profesores, por tanto, están llamados a integrar en la Unidad de Aprendizaje momentos caracterizados por un uso considerable del cuerpo y no deben limitarse a actuar como moderadores en las actividades: para fomentar un aprendizaje eficaz de la lengua extranjera, es útil que también actúen como modelos. De hecho, observando el comportamiento del profesor, el alumno puede aprender mejor la disciplina.

En conclusión, para que el aprendizaje de una lengua extranjera sea significativo, es esencial crear un contexto sereno y rico en el que la imitación desempeñe un papel crucial.

BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA

Arbib A. M., *From Action to Language via the Mirror Neuron System*. 2006, United States of America, Cambridge University Press

Balboni P., *Le lingue di Babele. Fare educazione linguistica*, 2008, UTET Torino

Balboni P., *Le sfide di Babele. Insegnare le lingue nelle società complesse*, 2015, UTET Torino

Begotti P., *L'acquisizione linguistica e la Glottodidattica umanistico-affettiva e funzionale*, FILIM, Laboratorio ITALS, Unive

Betts, K., Miller, M., Tokuhama-Espinosa, T., Shewokis, P., Anderson, A., Borja, C., Galoyan, T., Delaney, B., Eigenauer, J., & Dekker, S., *International report: Neuromyths and evidence-based practices in higher education*, 2019, Online Learning Consortium: Newburyport, MA.

Bruer J., *Education and the brain: a bridge too far*, 1997

Buccino G., Dalla Volta R., *Le funzioni cognitive del sistema motorio*, in Buccino G., Mezzadri M. (a cura di), *Glottodidattica e neuroscienze: verso modelli traslazionali*, 2015, Firenze, Franco Cesati Editore

Buccino G., Mezzadri M., *Glottodidattica e neuroscienze: verso modelli traslazionali*, 2015, Firenze, Franco Cesati Editore

Buccino G., Mezzadri M., *La teoria dell'embodiment e il processo di apprendimento e insegnamento di una lingua*, Enthymema, 2013

Buccino, G., Binkofski, F., Fink, G.R., Fadiga, L., Fogassi, L., Gallese, V., Seitz, R.J., Zilles, K., *Action observation activates premotor and parietal areas in a somatotopic manner: an fMRI study*, Eur J Neurosci. 2001 Jan;13(2):400-4. PMID: 11168545.

Capurso M., *L'integrazione scolastica e sociale*, vol 14/1, 2015

Cherry K., *The Role of Neurotransmitters*, 2020

Cherry K., *What Is Neuroplasticity?*, verywellmind, 2022

Daloiso M. (2006), *Didattica delle lingue, psicologia e neuroscienze*, in <https://www.neuroscienze.net/didattica-delle-lingue-psicologia-e-neuroscienze/>

Daloiso M., *Fondamenti neuropsicologici dell'educazione linguistica*, 2009, Venezia, Cafoscarina

Danesi M., *Il cervello in aula*, 1998, Guerra Edizioni, Perugia

Danesi M., *Neurolinguistica e glottodidattica*, 1988, Liviana, Torino

Dehaene S., *Imparare. Il talento del cervello, la sfida delle macchine*, 2019, Milano, Raffaello Cortina Editore

Di Diodoro D., *Come l'esperienza rimodella la mente - Corriere della Sera*, 2017

Doidge N., *The Brain that Changes Itself: Stories of Personal Triumph From the Frontiers of Brain Science*, 2007

Freddi G., *Insegnare per unità didattiche* in "Lingue e Civiltà", 1985, XIII, 2-3

Gallese, V., Migone, P. & Eagle, M. N., *La simulazione incarnata: i neuroni specchio, le basi neurofisiologiche dell'intersoggettività ed alcune implicazioni per la psicoanalisi*. *Psicoterapia e Scienze Umane*, 2006, 40:543-580

Giacomo Rizzolatti, Laila Craighero, *MIRROR-NEURON SYSTEM*, *Annual Review of Neuroscience*, 27/2014, pp. 169-192

Greenough W.T., Black J. E., and Wallace C. S., *Experience and Brain Development*, 1987, University of Illinois at Urbana-Champaign

Guglielmo E., *Il cervello plastico. Fondamenti neurofisiologici e strategie efficaci per l'apprendimento permanente*. *Didattica*, 2014, Napoli, 7-8-9 maggio, Atti del Convegno, pp. 339-347

Immordino-Yang M.H., Antonella Marchetti (a cura di), Antonio R. Damasio (Dopo), Howard Gardner (Prefazione), Giulia Cavalli (Traduttore), *Neuroscienze affettive ed educazione*, 2017, Cortina Raffaello Editore in *A somatotopic manner: an fMRI study*, *European Journal of Neuroscience*, 13, 400-404

Immordino-Yang M.H., *The Smoke Around Mirror Neurons: Goals as Sociocultural and Emotional Organizers of Perception and Action in Learning*, *Mind Brain and Education*, 2008, 2(2):67 – 73

INDIRE (2021), *Quali sono le differenze fra unità didattica e unità di apprendimento* in <https://fieradidacta.indire.it/it/blog/quali-sono-le-differenze-fra-unita-didattica-e-unita-di-apprendimento/>

ITALS, *Nozionario di Glottodidattica*, in <https://www.italis.it/nozion/noziof.htm>

- Jones E. G., Mendell L. M., *Assessing the decade of the brain*, Science, 1999, vol. 284
- Kaufer D., *Neuroscience and How Students Learn* - Berkeley Graduate Division, 2011
- Kaufer D., *What can Neuroscience Research Teach Us about Teaching?*, 2011
- Mason L., *Psicologia dell'apprendimento e dell'istruzione*, 2013, Bologna, Il Mulino,
- Mesulam M., *Principles of behavioral and cognitive neurology*, 2000, Oxford University Press
- Mezzadri M., *I ferri del mestiere*, 2003, Guerra Edizioni, Perugia
- Mezzadri M., *Il contributo neuroscientifico alla CAD: un approccio glottodidattico*, in Caon F. (a cura di), *Educazione Linguistica nella classe ad abilità differenziate*, 2017, Torino, Loescher Editore
- Mezzadri M., Pieraccioni G., *La grammatica in mente*, 2014, Loescher, Torino
- Mezzadri, M., *I Nuovi Ferri del Mestiere*. 2015, Torino, Bonacci Loescher
- Michael S.C. Thomas, Daniel Ansari, e Victoria C.P. Knowland, *J Child Psychol Psychiatry*, 2018, 60(4), pp. 477-492
- MikićL J., *L'Unità Didattica alla luce del Modello di Comunicazione Linguistica del Quadro Comune Europeo*, 2009, Laboratorio ITALS, Rivista EL.LE
- Novello A., *Modelli operativi per l'insegnamento dell'italiano lingua straniera*, FILIM, Laboratorio ITALS, Unive
- Polito M., *Apprendimento ed insegnamento secondo la Teoria della Gestalt*, Supplemento alla rivista EL.LE - ISSN: 2280-6792, ITALS, aprile 2005

Polito M., *Il gruppo classe come risorsa per apprendere insieme*, Supplemento alla rivista EL.LE - ISSN: 2280-6792, ITALS, giugno 2005

Pona A., *Modelli operativi della didattica dell'italiano come lingua seconda*, Polo Regionale di Documentazione Interculturale, 2015

Porcelli G., *Principi di Glottodidattica*, 2013, La Scuola, Milano

Presti David E., *Fondamenti di neuroscienze*, 2019, Bologna, Il Mulino

Rivoltella P.C., *Neurodidattica. Insegnare al cervello che apprende*, 2012, Milano, Raffaello Cortina Editore

Rivoltella, *Neurodidattica. Insegnare al cervello che apprende*, 2012, Raffaello Cortina Editore, Milano

Rizzolatti, G., Freund, H., *Acbuccination observation activates premotor and parietal areas*, 2001

Siegel Daniel J. (Autore), Tagliavini G.(Curatore), Marchetti C. (Traduttore), *Mappe per la mente. Guida alla neurobiologia interpersonale*, 2014, Milano, Cortina Raffaello

Sinigaglia C., Rizzolatti G., *So quel che fai, il cervello che agisce e i neuroni specchio*, 2006, Milano, Raffaello Cortina Editore

Taylor K. & Lamoreaux A., *Teaching with the brain in mind*, New directions for adult and continuing education, 119: 49-59, 2008

Tino C., Fedeli M., Mapelli D., *Neurodidattica: uno spazio dialogico tra saperi per innovare i processi di insegnamento e apprendimento*, RTH 6 (2019) – ISSN 2284-0184, Sezione Brain Education Cognition

Tokuhama Espinosa T., *Mind, Brain and Education Science: A Comprehensive Guide to the New Brain*, 2011, United States of America, W.W. Norton & Company

Tommasi L., *Neuroscienze Cognitive*, 2020, Roma, Edizioni A.L.E.

RINGRAZIAMENTI

A conclusione di questo elaborato, desidero menzionare tutte le persone che hanno contribuito, con il loro instancabile supporto, alla realizzazione dello stesso.

Un ringraziamento speciale alla mia relatrice Alessandra Cecilia Jacomuzzi e ai miei correlatori Fabio Caon e Carlos Alberto Melero Rodriguez per la loro disponibilità, per i loro indispensabili consigli e per le conoscenze trasmesse durante tutto il percorso di stesura della tesi.

Ringrazio infinitamente la mia famiglia per il continuo e impareggiabile amore, aiuto e sostegno. Grazie per aver sempre appoggiato ogni mia decisione e per avermi sempre incoraggiata a realizzare i miei sogni.

Un grazie di cuore alla mia collega Krizia, con cui ho condiviso l'intero percorso universitario. Grazie al suo costante supporto ho superato i momenti più difficili e insieme abbiamo gioito per ogni traguardo raggiunto.

Ringrazio i miei amici che mi hanno regalato serate di spensieratezza e divertimento nei periodi più bui.

Un grazie particolare va a Nicola, la persona che più di tutte è stata capace di capirmi e di sostenermi nei momenti di sconforto. Grazie per aver ascoltato i miei sfoghi, per aver sopportato amorevolmente le mie frustrazioni, le mie ansie e le mie paure, le tergiversazioni e i rimandi. Questa laurea è anche un po' tua.

Infine, dedico questa tesi a me stessa, ai miei sacrifici e alla mia tenacia che mi hanno permesso di arrivare fin qui. Voglio ringraziarmi per aver creduto sempre in me stessa, per tutto il duro lavoro che ho fatto e per non aver mai mollato.