

Asignatura	Datos del alumno	Fecha
Neurociencia Cognitiva	Apellidos: Ponce Proaño	14/05/2020
	Nombre: Miguel Alejandro	

## Reacción Somato-Sensorial Del Control De Vuelo En Murciélagos “Somatosensory Substrates of Flight Control in Bats”

### Resumen:

Una maniobra de vuelo requiere una rápida integración sensorial para generar respuestas motoras adaptables e instantáneas. Los murciélagos en particular tienen una remarcada habilidad en sus extremidades para crear una presión de distribución de aire y a la vez mantener agarrados objetos. Las entradas sensoriales de sus alas poseen información valiosa para vuelos guiados y precisos, sin embargo, componentes y circuitos sensorio motores en sus alas aún no han sido estudiados. Nos centraremos en el estudio del gran murciélago café (*Eptesicus fuscus*). Tomaremos en cuenta los siguientes aspectos esenciales para la investigación.

- La organización por segmentos y la inervación en las alas de los murciélagos y como difiere de otros vertebrados.
- Las alas del murciélago tienen una distribución dermatómica; atípica que puede ser explicada a través de su ontogenia.
- Las alas de estos animales están equipadas con un repertorio inusual de receptores somato sensoriales
- Las representaciones corticales están codificadas y son entradas biológicas para el manejo del aire como un tipo de sensores táctiles.

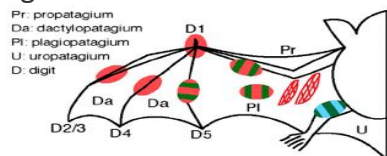
Es decir, estos hallazgos identifican reacciones neuronales producidas por las sensaciones somáticas en las alas de los murciélagos e implica desarrollos evolutivos que dieron paso para que este mamífero vuele a través de inusuales proyecciones sensorio motoras.

### Introducción:

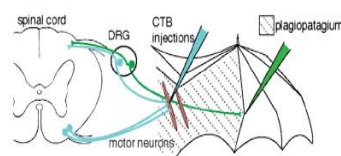
Los murciélagos insectívoros realizan maniobras complejas para capturar sus presas en el aire. Estos son capaces de ejecutar pequeños saltos de altitud y cambios bidireccionales. Sus alas no son solo para volar, sino también para la manipulación de objetos o capturar insectos. Esto es posible debido a que sus alas tienen movimientos independientes de más de 20 grados, mismas que les permite cambiar de forma y ser flexibles, siendo esta una característica única entre los animales con alas. Para volar, los murciélagos tienen una rápida integración entre las entradas sensoriales y las salidas sensorio motoras. Estas contribuciones están relacionadas con los sentidos, audición y visión, los cuales jugaron un rol principal en el descubrimiento de la eco-localización. Los folículos faciales de los murciélagos son inervados para detectar cambios en el aire y enviar estímulos al CNS (Sistema Nervioso Central). Estos descubrimientos indican que a través de una retroalimentación táctil en sus extremidades anteriores es capaz de informar a sus salidas motoras durante el vuelo. Sus neuronas periféricas son las entradas y salidas de los circuitos sensorio motores en las vértebras. Las neuronas somato-sensoriales que son parte del DRG (ganglios de la raíz dorsal) traducen el tacto, la temperatura y la información propioceptiva. Las neuronas motoras, cuyos cuerpos celulares están ubicados en la médula espinal envían comandos motores hacia los músculos. Durante el desarrollo sensorio motor

Asignatura	Datos del alumno	Fecha
Neurociencia Cognitiva	Apellidos: Ponce Proaño	14/05/2020
	Nombre: Miguel Alejandro	

y sensorio neuronal se extienden desde el mismo nivel espinal para innervar segmentos individuales del cuerpo.



(A) Mapas dermatomo y miotomo. **Izquierda**, inyección de sitios acorde al nivel espinal de innervación. Pools de motores representados por las zonas sombreadas. **Medio**, nivel espinal por color. **Derecha**, mapa zonas dermatomas en humanos.



(B) Esquematación de proceso de rastreo neuronal.

Para entender la organización de los elementos sensorio-motor en las alas de los murciélagos, se realizaron estudios anatómicos y funcionales como se muestra en la figura(A), centrándonos en la eco-localización insectívora que muestra el porqué del vuelo ágil.

## Resultados

### Organización periférica del circuito sensorio motor del ala:

Se realizó la hipótesis en relación a que los murciélagos tienen un circuito sensorio motor único el cual refleja que la membrana de sus alas tiene una inusual ontogenia derivada desde las extremidades anteriores, el tronco y las extremidades posteriores. Una atípica organización de la innervación periférica es más evidente en las áreas plagio patagiales. Se desarrolló un rastreo neuronal inyectando una toxina fluorescente CTB (holera toxin B) como se muestra en la figura(B). Esta toxina reveló una atípica innervación desde T8 hasta T11. Los músculos plagio-patagiales se vuelven rígidos, lo cual es inusual porque carecen de inserciones óseas. El uso de CTB mostró que el 98% de neuronas se extendieron desde los niveles T1-T3 hasta la innervación plagio patagiales en los músculos. Por el otro lado, las neuronas del mismo tipo se extendieron desde C6 hasta T5. En conclusión, la fusión de las extremidades anteriores y los bordes plagio patagiales, dan sustento a innervaciones atípicas en las alas.

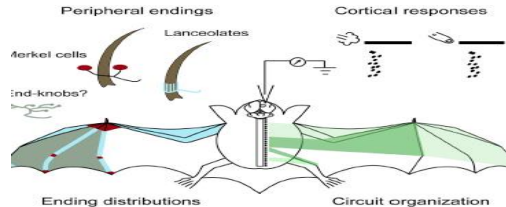
### Identificación de receptores sensitivos que inerva las alas de los murciélagos:

Surge la pregunta entre las diferencias de los receptores somato sensoriales en las alas de los murciélagos versus otros mamíferos. Los mamíferos tienen una gran cantidad de estos receptores ya sea con pelo o sin él. Se creía que la membrana de las alas en los murciélagos no tenía pelo, pero un estudio histológico reveló que en realidad esta membrana se compone de folículos muy pequeños, por tanto, en realidad esta membrana comprime una piel y pelos a diferencia de la de los ratones que se encuentra expuesta.

Se analizó cómo sensores de tacto están distribuidos en las alas como se muestra en la figura (C - Izquierda). Se inyectó FM1-43 para visualizar las neuronas sensoriales, luego tres tipos de sensores fueron distinguidos. Estos son comparables con innervaciones de las células Merkel en otras especies. Luego es consistente que estas células estén distribuidas cerca de folículos cerca de los receptores. Sin embargo, en los roedores estas células solo se asocian con el 2% de su pelo, pero en los murciélagos un 47% están yuxtapuestas. En decir muchos pelos en las alas están dualmente innervados por terminaciones lanceolot y células Merkel que representa un

Asignatura	Datos del alumno	Fecha
Neurociencia Cognitiva	Apellidos: Ponce Proaño	14/05/2020
	Nombre: Miguel Alejandro	

tipo de paralelismo sensorial al surcar en el aire. Este proceso sistemático revela una distribución diferencial sensorial de terminaciones en las alas al volar.



C) El gráfico muestra la esquematización las alas de los murciélagos.

**Izquierda.** Áreas receptivas multi-respuesta para las neuronas del SI las cuales responde a estimulaciones táctiles.

**Medio.** Corresponde a las proyecciones neuronales luego del uso del aparato de von Frey.

**Derecha.** Áreas receptivas sensitivas al aire representadas como unidades únicas.

### Representación Cortical para entradas táctiles:

Para determinar cómo las entradas sensoriales se encuentran distribuidas en la corteza cortical, se estimularon las alas con un estimulador táctil (von Frey filament) y pequeñas emisiones de flujo de aire. Existió una respuesta neuronal que se distribuyó en diez sitios sensibles a estos estímulos, dando como resultado que estos activan ciertas rutas neuronales comunes como se muestra en la figura (C - derecha). Estos mapas de grupos sensitivos y receptores distribuidos proveen ideas sobre especializaciones somato sensoriales que proveen a las extremidades anteriores de los murciélagos guiar los comportamientos motores y que anatómicamente se encuentra especializados para respuestas táctiles o de aire.

### Discusión:

Diferentes observaciones demuestran un progreso evolutivo en el desarrollo de las alas de los murciélagos, luego atípicas entradas somato sensoriales que les permiten un mejor control de vuelo. Los resultados sugieren que la ontogenia de sus alas ha llevado a un desarrollo inusual de los circuitos táctiles. Se puede suponer que la inervación torácica media y baja se derivada de un desarrollo del tronco. Durante este desarrollo, la propiocepción de las extremidades anteriores requiere neuronas motoras para capturas sus presas. Los folículos sirven como bio-sensores para detectar cambios en el flujo del aire y proveer una rápida retroalimentación. Luego, no se habla únicamente de volar sino de una sensación del vuelo. Finalmente, esto abre nuevas interrogantes, sobre los receptores táctiles como una ventaja selectiva. Futuros estudios pueden beneficiarse sobre el entender la evolución y especializaciones somato sensorial y motora en las alas de los murciélagos.

### JUSTIFICACIÓN SELECCIÓN ARTÍCULO

La selección de este artículo nace de dos motivaciones la primera está relacionada con la parte biológica de estos animales, al ser los únicos mamíferos capaces de mantener un vuelo sostenido, el ser cazadores nocturnos que usan la eco localización para capturar a sus presas. Luego surge, el entender como en tan pequeños animales existen componentes tan complejos que ni siquiera los humanos hemos podido desarrollar. Para seleccionar este artículo realice una investigación previa de diferentes fuentes, las cuales fueron determinantes ya que en la mayoría realizaban una distinción entre la complejidad aerodinámica de los murciélagos y la eco-localización, en base a su estudio surgieron los principios de este. Opte por la complejidad aerodinámica ya que está relacionada con las partes somato sensorial y somato motora, que son grandes campos en la neurociencia cognitiva, pero en este caso se centran en una necesidad específica el entender la reacción somato-sensorial

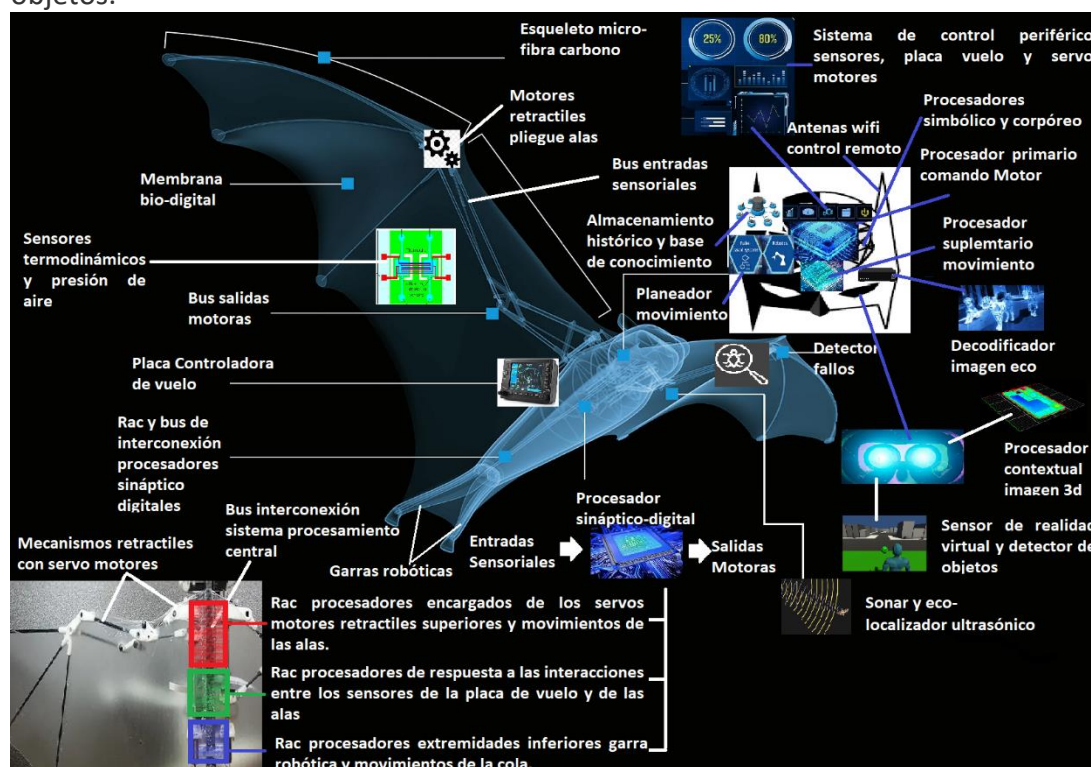
Asignatura	Datos del alumno	Fecha
Neurociencia Cognitiva	Apellidos: Ponce Proaño	14/05/2020
	Nombre: Miguel Alejandro	

del control de vuelo en murciélagos. Por otro lado, en mi trabajo me desarrollo como brigadista de evacuación y hace un tiempo tome un curso sobre “Técnicas de rescate en espacios confinados ante desastres naturales o incendios”. Luego, surge de una necesidad tecnológica que siento que sigue siendo un reto en la actualidad, es decir; es necesario el desarrollo de nuevos robots bio-inspirados que puedan cumplir con las siguientes funciones:

- Adaptarse a situaciones extremas y que tengan una gran variedad de sensores que les permitan detectar el estado del entorno e interactuar con él.
- Guiar a los rescatistas hacia donde se encuentran personas atrapadas.

### PROTOTIPO BIO-MURCIÉLAGO-RESCATE

**Introducción:** el presente prototipo busca crear un robot dron de rescate, que dentro de sus funciones principales pueda mantener su vuelo en condiciones extremas, que pueda comprimir su bio-esqueleto en espacios pequeños, crear representaciones virtuales en 3D en lugares oscuros o de difícil acceso, tener una gran capacidad sensorial táctil para detectar temperaturas y superficies, módulo de detección de objetos.



**Placa controladora de vuelo:** es la computadora que realiza todos los movimientos del dron. Recoge datos de todo su sistema; la ubicación de GPS; además controla los giroscopios, y acelerómetros.

**Rac procesadores sináptico digital:** es un conjunto de procesadores intercomunicados divididos en tres grandes grupos, que se encuentran conectados sistemas de procesamiento central. Esto permite una mejor distribución entre las entradas sensoriales, las salidas motoras.

**Procesador primario y suplementario comando motores:** Ambos interactúan de forma paralela. El primario, se enfoca en las acciones principales a ser ejecutadas por el dron. El segundo, es la entrada principal entre el rac de procesadores y determina si existe una solicitud de movimiento.

**Sistema de control periférico.** - Evalúa el estado general de todos los componentes que interactúan durante una acción de los sensores y determina el valor de fuerza en cada respuesta motora.

Asignatura	Datos del alumno	Fecha
Neurociencia Cognitiva	Apellidos: Ponce Proaño	14/05/2020
	Nombre: Miguel Alejandro	

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Marshall, K. L., Chadha, M., deSouza, L. A., Sterbing-D'Angelo, S. J., Moss, C. F., & Lumpkin, E. A. (2015). Somatosensory substrates of flight control in bats. *Cell reports*, 11(6), 851-858.

Elizabeth Hagen. (2009). Echolocation. ASU - Ask A Biologist. Recuperado el 11 de mayo de 2020 de <https://askabiologist.asu.edu/echolocation>

ESENZIALE (2017). Todas las Partes de los Drones. Explicadas al Detalle. Recuperado el 12 de mayo de 2020 de <https://esenziale.com/tecnologia/partes-drone/>

*Secrets and Mysteries of Bats - Nature Documentary*. Korn, D. (Director). (2014). [Video] YouTube.

## Anexo 1.-

URL Artículo: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2211124715003769>

Archivo adjunto: Report-SomatosensorySubstratesFlightControlBats.pdf