

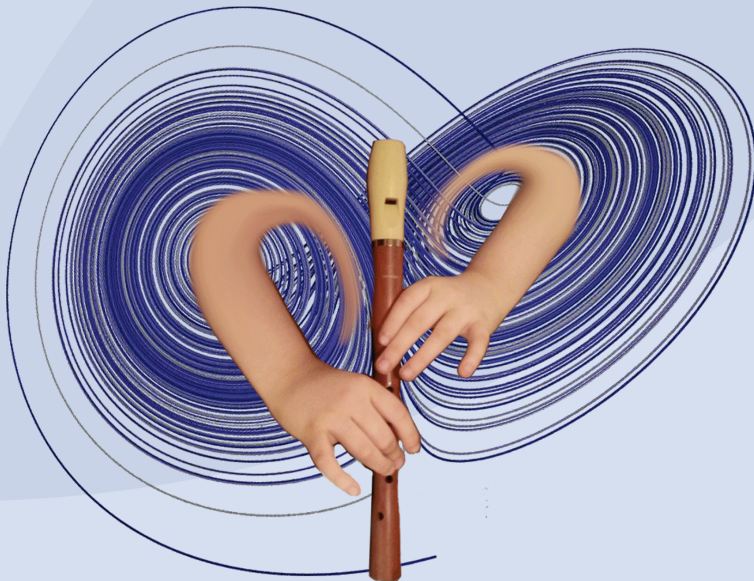


# UNIVERSIDAD DE GRANADA

## TESIS DOCTORAL

### **EFFECTOS DE LAS LIMITACIONES INFORMACIONALES EN EL APRENDIZAJE DE LA FLAUTA DULCE. UNA PERSPECTIVA DESDE EL APRENDIZAJE MOTOR**

Programa Oficial de Doctorado en Ciencias de la Educación (B22/56/1)



**D. Marco Antonio Lozano Chacón**  
**Melilla, 2018**



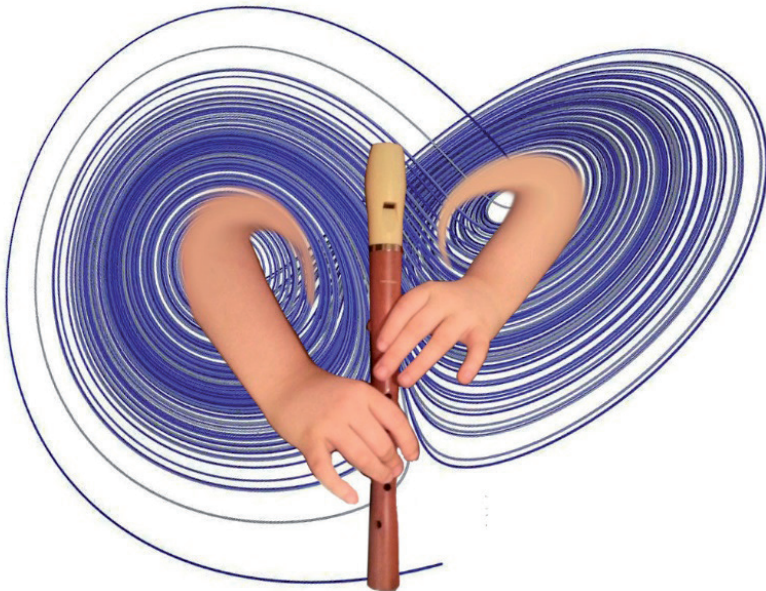
# UNIVERSIDAD DE GRANADA

TESIS DOCTORAL

---

## **EFFECTOS DE LAS LIMITACIONES INFORMACIONALES EN EL APRENDIZAJE DE LA FLAUTA DULCE. UNA PERSPECTIVA DESDE EL APRENDIZAJE MOTOR**

**Programa Oficial de Doctorado en Ciencias de la Educación (B22/56/1)**



**D. Marco Antonio Lozano Chacón**

Melilla, 2018



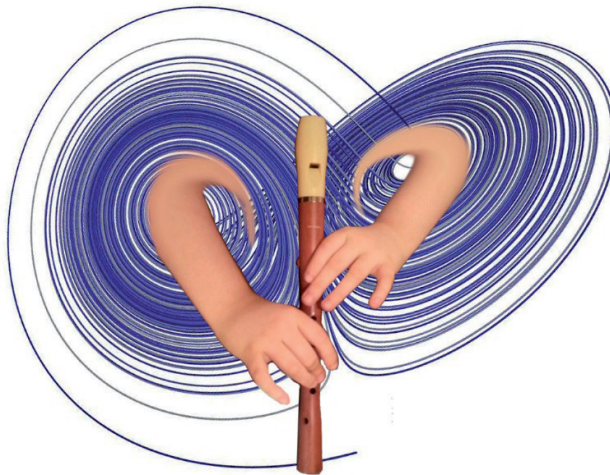
# UNIVERSIDAD DE GRANADA

TESIS DOCTORAL

---

## **EFFECTOS DE LAS LIMITACIONES INFORMACIONALES EN EL APRENDIZAJE DE LA FLAUTA DULCE. UNA PERSPECTIVA DESDE EL APRENDIZAJE MOTOR**

Programa Oficial de Doctorado en Ciencias de la Educación (B22/56/1)



---

Tesis doctoral desarrollada por  
**D. LOZANO CHACÓN, MARCO ANTONIO**

Departamento de Música.  
Instituto E.S.O. Leopoldo Queipo de Melilla.

**Directores**

**Dr. D. GRANDA VERA, JUAN**

Departamento de Didáctica de la Expresión Musical, Plástica y Corporal.  
Facultad de Educación y Humanidades. Campus UGR de Melilla.

**Dr. D. BARBERO ÁLVAREZ, JOSE CARLOS**

Departamento de Educación Física y Deportiva.  
Facultad de Educación y Humanidades. Campus UGR de Melilla.

Editor: Universidad de Granada. Tesis Doctorales  
Autor: Marco Antonio Lozano Chacón  
ISBN: 978-84-9163-881-0  
URI: <http://hdl.handle.net/10481/51584>

*"Lo que cuenta no es mañana, sino hoy.  
Hoy estamos aquí, mañana tal vez,  
nos hayamos marchado."*

Lope de Vega

*"España no está aquí, está en América"*

[Antes de morir]

Ramón María del Valle-Inclán



# ÍNDICE

<b>ÍNDICE</b> .....	<b>11</b>
<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	<b>15</b>
<b>ÍNDICE DE ABREVIATURAS</b> .....	<b>21</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>23</b>
<b>CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>27</b>
<b>CAPÍTULO 2. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN</b> .....	<b>31</b>
2.1 LOS PROCESOS DE APRENDIZAJE DE LAS HABILIDADES MOTRICES.....	31
2.1.1 Modelo de procesamiento de la información.....	31
2.1.2 Modelo de los sistemas dinámicos.....	39
2.1.3 Los procesos sensoriales .....	45
2.1.4 El feedback .....	70
2.2 EL PAPEL DE LAS RESTRICCIONES COMO VARIABLE DEL APRENDIZAJE ...	75
2.2.1 El papel de los profesores en la manipulación de las restricciones .....	78
2.3 PROCESOS DE APRENDIZAJE DE LA INTERPRETACIÓN DE LA FLAUTA DULCE .....	81
2.3.1 Técnica de la flauta dulce .....	83
2.3.2 La calidad del sonido de la flauta dulce .....	88
2.3.3 Sobre el aprendizaje musical instrumental .....	92
2.3.4 Estudios previos y de restricciones musicales .....	92
2.3.5 Estudios empíricos sobre el aprendizaje instrumental de la flauta dulce.....	100
2.4 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, HIPÓTESIS Y OBJETIVOS DE INVESTIGACIÓN .....	103
2.4.1 Planteamiento del problema.....	103
2.4.2 Hipótesis.....	103
2.4.3 Objetivos de investigación .....	103

<b>CAPÍTULO 3. MÉTODO .....</b>	<b>105</b>
3.1 PARTICIPANTES.....	105
3.2 VARIABLES DE ESTUDIO .....	105
3.3 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN .....	109
3.4 MATERIALES E INSTRUMENTOS DE MEDIDA Y RECOGIDA DE DATOS ...	111
3.5 PROCEDIMIENTO .....	112
3.5.1 Fase 1: de pretest.....	112
3.5.2 Fase 2: de adquisición 1, retest y transferencia 1 .....	115
3.5.3 Fase 3: de adquisición 2, postest y pruebas de transferencia 2 y 3 ....	128
3.5.4 Fase 4: Sesión 21 de recogida de datos de la prueba de retención ....	140
<b>CAPÍTULO 4. RESULTADOS .....</b>	<b>143</b>
4.1 COMPARACIÓN INTERGRUPOS .....	143
4.1.1 Pretest.....	143
4.1.2 Restest.....	145
4.1.3 Transferencia 1.....	147
4.1.4 Postest.....	150
4.1.5 Trasferencia 2.....	152
4.1.6 Trasferencia 3.....	154
4.1.7 Retención.....	156
4.2 COMPARACIÓN INTRAGRUPOS.....	158
4.2.1 Grupo Control (GC) .....	158
4.2.2 Grupo experimental 1 (GE1) .....	159
4.2.3 Grupo experimental 2 (GE2) .....	160
4.2.4 Grupo experimental 3 (GE3) .....	160
4.2.5 Grupo placebo (GP) .....	161
<b>CAPÍTULO 5. DISCUSIÓN .....</b>	<b>163</b>
5.1 ERROR DE NOTA .....	164
5.1.1 Intragrupo.....	164
5.1.2 Intergrupo.....	167
5.2 ERROR DE SINCRONIZACIÓN .....	168
5.2.1 Intragrupo.....	168
5.2.2 Intergrupo.....	171
5.3 ERROR DE PULSO EN BLANCO .....	178
5.3.1 Intergrupo.....	179
5.3.2 Intragrupo.....	180



---

5.4 ERROR DE NOTA FALSA .....	182
5.4.1 Intergrupo.....	183
5.4.2 Intragrupo.....	187
5.5 DURACIÓN.....	188
5.5.1 Intergrupo.....	189
5.5.2 Intragrupo.....	191
5.6 CALIDAD SONORA .....	192
5.6.1 Intragrupo.....	194
5.6.2 Intergrupo.....	195
<b>CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES.....</b>	<b>197</b>
6.1 VERIFICACIÓN Y CONFIRMACIÓN DE LA HIPÓTESIS .....	197
6.2 VERIFICACIÓN DE LOS OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN .....	200
6.2.1 Consecución del Objetivo 1 .....	200
6.2.2 Consecución del Objetivo 2 .....	203
6.2.3 Consecución del Objetivo 3 .....	204
6.3 PERSPECTIVAS DE FUTURO.....	206
<b>CAPÍTULO 7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>209</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>243</b>
ANEXO I: PERMISO DE PADRES Y TUTORES LEGALES .....	245
ANEXO II: CUESTIONARIO 1 .....	247



# AGRADECIMIENTOS

Quisiera agradecer especialmente a mi director de tesis, Juan Granda por su paciencia infinita con los profesionales que venimos de la educación secundaria y que no tenemos relación con el mundo de la investigación, lo cual nos ha permitido descubrir el maravilloso mundo científico del estudio del aprendizaje motor para ser aplicado a otras disciplinas como es el caso de la Música. También, como no, a mi codirector José Carlos Barbero Álvarez, el cual siempre ha mostrado su disposición y colaboración para resolver las dudas que afloraron durante el laborioso proceso.

Agradezco especialmente la colaboración desinteresada de los seis expertos que contribuyeron de forma extremadamente profesional a la validación de la herramienta de evaluación que permitió la calificación de la calidad del audio de la flauta en el presente trabajo: Carlos Gómez de Avellaneda, Manuel Oliver Carreras, Carlos Catalá, Mariví López Imbroda, Sergio Rincón Carro y José Cerdán Pérez.

A mi gran amigo Jesús Andrés Irazola por brindarme no sólo su amistad, sino además su inestimable ayuda y experiencia en la importante labor de corrección final de la presente tesis. También, a mi gran amigo Daniel Martínez Martínez que con su impresionante ayuda en la mejora de mi inglés, me ha permitido a través de su método de aprendizaje un acceso y comprensión rápida de las fuentes en dicho idioma. También a mi estimado amigo, el catedrático y escritor Martín García Valverde por sus consejos siempre valiosísimos. Además, a mi buen amigo y compañero de trabajo el profesor y doctor Juan Rivero Corredera por ofrecerme su apoyo en esta recta final antes de la lectura de tesis. No quiero olvidarme de la profesionalidad excelente de Luis Fernando de tueditorial.es por atendernos incluso a deshoras y tener todo a punto cuando lo necesitamos.

La presente tesis está dedicada a mi mujer Mónica y a mi hijo Marco José por apoyarme siempre en la laboriosa tarea que implica la realización de semejante reto, conllevando una disminución de mi tiempo y dedicación personal hacia ellos, que deberé restituirles en un futuro próximo, besos y abrazos para ellos siempre.



# ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Mapa conceptual del procesamiento de la información de Gangné, en Gimeno y Pérez (1993). .....	32
<b>Figura 2.</b> Esquema de Mahoney, en Gimeno y Pérez (1993, p.54) .....	33
<b>Figura 3.</b> Representación gráfica de la teoría del esquema de Schmidt (1975).....	35
<b>Figura 4.</b> Fuentes de información para la elaboración de los esquemas de acción de Batalla (2005) basado en Schmidt (1975).....	36
<b>Figura 5.</b> Newell (1996).....	76
<b>Figura 6.</b> El aprendizaje de las acciones bajo restricciones y <i>affordances</i> de Wu (2008).....	77
<b>Figura 7.</b> Esquema del diseño de la investigación .....	110
<b>Figura 8.</b> Correlaciones de las trayectorias de patrones generados por seis expertos con respecto a un patrón de referencia.....	193



# CONTENIDO

<b>Tabla 1.</b> Diseño de investigación.....	109
<b>Tabla 2.</b> Calendario de fase 1 de pretest (M1).....	112
<b>Tabla 3.</b> Calendario de fase 2 de retest (M2).....	116
<b>Tabla 4.</b> Calendario de fase 2 de retest (M2).....	117
<b>Tabla 5.</b> Calendario de fase 3 de postest (M3).....	129
<b>Tabla 6.</b> Clasificación de adjetivos del timbre de la flauta de Linortner (2001). .....	138
<b>Tabla 7.</b> Grado de acuerdo de encuesta a seis expertos sobre la definición de brillante y oscuro dada por Traube (2004). .....	139
<b>Tabla 8.</b> Resultados de evaluación grado de brillante/oscurito de 5 audios del postest por seis expertos.....	140
<b>Tabla 9.</b> Calendario de fase 4 de prueba de la retención con M3. ....	140
<b>Tabla 10.</b> Resultados de fase 1 de la prueba de pretest (M1 a 43 PPM) .....	144
<b>Tabla 11.</b> Estadística ANOVA de un factor en pretest.....	145
<b>Tabla 12.</b> Resultados de la fase 2 de la prueba de retest (M2 a 30 PPM).....	146
<b>Tabla 13.</b> Estadística ANOVA de un factor en la fase de retest .....	147
<b>Tabla 14.</b> Resultados de la fase 2 de la prueba de transferencia 1 (M2 a 45 PPM) ..	149
<b>Tabla 15.</b> Estadística ANOVA de un factor en transferencia 1.....	149
<b>Tabla 16.</b> Resultados de la fase 3 de la prueba de postest (M3 a 39 PPM) .....	151
<b>Tabla 17.</b> Estadística ANOVA de un factor en postest .....	152
<b>Tabla 18.</b> Resultados de la fase 3 de la prueba de transferencia 2 (M3 a 52 PPM) ....	153

<b>Tabla 19.</b> Estadística ANOVA de un factor en transferencia 2.....	154
<b>Tabla 20.</b> Resultados de la fase 3 de la prueba de transferencia 3 (M4 a 39 PPM) ....	155
<b>Tabla 21.</b> Estadística ANOVA de un factor en transferencia 3.....	156
<b>Tabla 22.</b> Resultados de la fase 4 de la prueba de retención (M3 a 39 PPM).....	157
<b>Tabla 23.</b> Estadística ANOVA de un factor en retención.....	158
<b>Tabla 24.</b> t de muestras relacionadas GC.....	159
<b>Tabla 25.</b> t de muestras relacionadas GE1 .....	159
<b>Tabla 26.</b> t de muestras relacionadas GE2 .....	160
<b>Tabla 27.</b> t de muestras relacionadas GE3 .....	161
<b>Tabla 28.</b> t de muestras relacionadas GP.....	161



# ÍNDICE DE ABREVIATURAS

**TSD** = Teoría de los Sistemas Dinámicos

**GMP** = Programa Motor Generalizado / patrón general de movimiento

**SMS** = Sincronización sensoriomotora

**CR** = Conocimiento de los resultados obtenidos

**CP** = Conocimiento de la ejecución

**EMG** = Electromiografía

**PPM** = Pulsos por minuto

**HKB** = Haken–Kelso–Bunz

**Hz** = Hertzio

**AAF** = Feedback auditivo alterado

**DAF** = Feedback auditivo retrasado

**ITIs** = Intervalos de ejecuciones del individuo

**IOIs** = Intervalos del pulso externo, metrónomo

**SNC** = Sistema nervioso central

**et al.** = y colaboradores

**GC** = Grupo control

**GE1** = Grupo experimental 1

**GE2** = Grupo experimental 2

**GE3** = Grupo experimental 3

**GP** = Grupo placebo

**M1** = Melodía 1

**M2** = Melodía 2

**M3** = Melodía 3

**M4** = Melodía 4



# RESUMEN

## INTRODUCCIÓN

---

Es sabido que unas de las mayores preocupaciones de los investigadores en la adquisición de las habilidades motoras es comprender el proceso o mecanismo por el cual los individuos adquieren y modifican sus movimientos para alcanzar el objetivo de la tarea con un alto grado de eficacia y eficiencia. En el ámbito de la adquisición motriz musical no iba a ser menos, por tanto nos proponemos conocer cómo podemos mejorar dichos procesos en el ámbito de la enseñanza musical dentro de la enseñanza secundaria obligatoria (ESO). Utilizando las restricciones en el aprendizaje de una tarea musical a flauta dulce, que dentro de la teoría de los sistemas dinámicos (TSD) —teoría que centra su objeto de estudio en las relaciones entre el ejecutante y el entorno o medio que le rodea—, la adquisición de una habilidad motora se entiende como un comportamiento que surge de la interrelación entre la práctica y un conjunto de restricciones (*constraints* en la literatura inglesa) (Angulo-Barroso, Faciabén y Mauerberg-Decastro, 2011), categorizados en condicionantes del organismo, del entorno y de la tarea (Haken, Kelso y Bunz, 1985; Newell, 1986, 1996; Handford, Davids, Bennett y Button, 1997), destacando esta última por ser la utilizada en la presente investigación (ver Araújo, 2006).

## OBJETIVOS

---

Esta investigación, partiendo de la hipótesis de que si restringimos la información auditiva o visual durante el proceso de aprendizaje de una melodía ejecutada con flauta dulce mejora el desempeño en la interpretación musical del alumno —menor número de errores y mejor calidad de sonido— respecto a ese mismo proceso sin restricciones, se ha planteado dos objetivos fundamentalmente:

- Determinar si la presencia o ausencia de restricciones disminuye el número de los errores en las melodías para flauta propuestas.
- Determinar qué tipo de restricciones mejoran la calidad del sonido de la flauta durante las diferentes melodías propuestas.

## MÉTODO

El estudio se llevó a cabo en el Instituto Público de Enseñanza Secundaria Leopoldo Queipo, una vez obtenida la correspondiente autorización de la Dirección Provincial de Educación de Melilla y de padres y tutores legales de los 147 alumnos que participaron en el programa de intervención, el cual constó de un total de 21 sesiones. Obteniendo cinco grupos homogéneos mediante la equiparación realizada a través de los datos obtenidos del pretest. Ponemos en práctica un diseño experimental de diseño factorial  $2 \times 3 \times 5$  con medidas de pretest, retest, transferencia 1, postest, transferencia 2, transferencia 3 y retención. Todos los grupos recibieron el mismo número de sesiones y repeticiones de práctica en la adquisición de cada tarea / melodía propuesta (M1, M2, M3 y M4). Con las siguientes condiciones para cada grupo: el grupo control (GC) ( $n = 29$ ) aprendió con práctica continua / tradicional sin restricciones. El grupo experimental 1 (GE1) ( $n = 29$ ) se sometió a restricciones totales auditivas a lo largo de la fase de adquisición. El grupo experimental 2 (GE2) ( $n = 30$ ) se sometió a restricciones parciales visuales. El grupo experimental 3 (GE3) ( $n = 29$ ) se sometió a restricciones parciales auditivas. El grupo placebo (GP) ( $n = 30$ ) aprendió con práctica continua / tradicional sin restricciones, aunque recibió instrucciones sugestivas nada relacionadas con el aprendizaje instrumental de la flauta dulce.

## RESULTADOS

Respecto al Objetivo 1 que pretendía determinar si la presencia o ausencia de restricciones disminuye el número de los errores en las melodías para flauta propuestas:

### Comparación intergrupos

El GE1 a nivel intergrupo muestra tendencias positivas, aunque no significantes todavía, mostrando la media más baja de errores en la variable de *error de nota* en RETEST (7,18) (ver *Tabla 12*) y en TRASFERENCIA 1 (10,54) (ver *Tabla 14*). Las *restricciones totales* auditivas aplicadas al GE1 no sólo mostraron la media más baja de errores en la variable *error de sincronización* con respecto al resto de grupos (28,75), sino que además se produjo una mejora significativa con respecto al GC – GE1 ( $F = 7,370$ ,  $P < 0,05$ ) en la prueba de TRANSFERENCIA 3 en la comparación intergrupos (ver *Tabla 20*). En la prueba RETENCIÓN también se obtienen significancias positivas en la variable *error de sincronización* en prueba POST-HOC, GC – GE1 ( $F = 6,739$ ,  $P < 0,05$ ), GC – GP ( $F = 9,117$ ,  $P < 0,05$ ), tanto con práctica continua (GP) como con restricción total (GE1) (ver *Tabla 23*). La *restricción parcial* auditiva del GE3 en RETEST muestra significancias negativas en la variable *error de pulso en blanco* en la comparación intergrupos GE3 –

GC ( $F = 2,817, P < 0,01$ ), GE3 – GE1 ( $F = 2,597, P < 0,01$ ), GE3 – GE2 ( $F = 2,631, P < 0,05$ ) y GE3 – GP ( $F = 2,187, P < 0,05$ ) (ver *Tabla 13*). Las *restricciones parciales* del GE3 en TRANSFERENCIA 1 vuelven a mostrar resultados significativamente negativos en la variable *error de pulso en blanco* con respecto al resto de grupos (a excepción del GP) GE3 – GC ( $F = 3,742, P < 0,01$ ), GE3 – GE1 ( $F = 3,923, P < 0,01$ ) y GE3 – GE2 ( $F = 2,976, P < 0,05$ ), en la comparación intergrupos (ver *Tabla 15*). Las *restricciones parciales visuales* (GE2) en RETEST muestran diferencias significativas positivas en la variable *error de nota falsa* en el GC – GE2 ( $F = 6,060, P < 0,05$ ). Donde el GC (con práctica tradicional) obtiene la media de errores más alta (17,54) y el GE2 (11,48) (ver *Tabla 12*) la más baja de entre todo los grupos. La práctica continua se deteriora significativamente en RETEST en la variable *duración* del GC – GE1 ( $F = 8,824, P < 0,05$ ), GC – GE2 ( $F = 8,929, P < 0,05$ ), GC – GP ( $F = 9,563, P < 0,05$ ) con respecto a casi todos los grupos, a excepción del GE3 con *restricción parcial auditiva* (ver *Tabla 12*). El GE3 confirma el mal comportamiento en esta variable, con el deterioro significativo en la misma variable (*duración*) en la TRANSFERENCIA 2, GE3 – GE1 ( $F = 6,075, P < 0,05$ ), sin embargo el GE1 es el único grupo que muestra aquí significancia positiva (ver *Tabla 18*).

## Comparación intragrupos

Las *restricciones totales* auditivas aplicadas al GE1 muestran el buen comportamiento en la variable *error de nota*, ya señalado también a nivel intragrupo entre POSTEST–RETENCIÓN, donde el GE1 no mostró deterioro alguno, a diferencia del resto de grupos GC ( $P < 0,05$ ) (ver *Tabla 24*), GE2 ( $P < 0,01$ ) (ver *Tabla 26*), GE3 ( $P < 0,01$ ) (ver *Tabla 27*) y en GP ( $P < 0,01$ ) (ver *Tabla 28*). La *restricción parcial auditiva* del GE3 ( $P < 0,05$ ) obtiene los únicos resultados significativos positivos en la prueba entre POSTEST–RETENCIÓN, no encontrándose en el resto de grupos mejora alguna en la variable *error de sincronización* a nivel intragrupo (ver *Tabla 27*). La *restricción parcial auditiva* del GE3 sigue mostrando su mal comportamiento en la variable *error de pulso en blanco* ( $P < 0,05$ ) (ver *Tabla 27*) a nivel intragrupo entre POSTEST–RETENCIÓN. Todos los grupos con restricciones muestran deterioros significativos en la variable de *error de nota falsa*, en la comparación intragrupo entre POSTEST–RETENCIÓN, GE1 ( $P < 0,05$ ) (ver *Tabla 25*), GE2 ( $P < 0,01$ ) (ver *Tabla 26*), GE3 ( $P < 0,05$ ) (ver *Tabla 27*). Lo que indican estas evidencias es que los *patrones* rítmicos que requieren de una profundización o precisión que se relaciona con el grado experto se deterioran en el tiempo más rápidamente. En la comparación intragrupo, también se degradó significativamente la variable *duración* entre POSTEST–RETENCIÓN en el GC ( $P < 0,01$ ) y GE1 ( $P < 0,05$ ) (ver *Tabla 24* y *Tabla 25* respectivamente).

Con respecto al Objetivo 2 que pretendía determinar qué tipo de restricciones mejoran la calidad del sonido de la flauta durante las diferentes melodías propuestas:

### Comparación intergrupos

No se encuentran resultados significativos en ningún grupo. Si bien, cabría señalar que los grupos con restricciones obtienen tendencias positivas gracias a la consecución de las medias más altas de las puntuaciones en la variable calidad, en retest con el GE2 (3,13) (ver *Tabla 12*); en transferencia 1 en el GE3 (2,96) (ver *Tabla 14*); en posttest con el GE1, GE2 y GE3 (todos con 2,75) (ver *Tabla 16*); en transferencia 2 con el GE3 (2,71) (ver *Tabla 18*); en transferencia 3 con el GE1 (2,79) (ver *Tabla 20*), con la excepción de la retención, donde es el GP quién consigue la nota media más alta con (2,79) (ver *Tabla 22*).

### Comparación intragrupos

A nivel intragrupo también entre el POSTEST–RETENCIÓN del GE1, en la variable *calidad* ( $P < 0,05$ ) (ver *Tabla 25*) se encuentra un deterioro significativo, no se encuentran diferencias significativas en el resto de los grupos del estudio.

## CONCLUSIONES

---

Podemos afirmar que la hipótesis se cumple parcialmente basando la evaluación de la misma en los datos encontrados en los dos objetivos propuestos: los datos señalan lo que se expresa en la hipótesis en cuanto a las mejoras significativas, gracias a las restricciones, que son reflejadas en la variable dependiente experimental explicitada en los diferentes tipos de errores, tanto en prueba de retest, transferencia 1, transferencia 2, transferencia 3 y retención como se puede comprobar en el apartado de consecución del Objetivo 1, corroborándose lo ya apuntado en estudios previos con restricciones de la tarea (Bennett, Button, Kingsbury y Davids, 1999; Granda, Barbero y Rodríguez, 2004; Granda, Barbero y Lozano, 2006; Oppici, Panchuk, Serpiello y Farrow, 2017; Pacheco y Newell, 2018). Sin embargo, la hipótesis debe ser rechazada por cuanto no cumple con la parte relativa a la mejora de la variable de calidad sonora a flauta, no mostrándose datos concluyentes significativos positivos ni en comparación intragrupo o intergrupo en esta variable, como se comprueba en el apartado de consecución del Objetivo 2, se ha identificado la característica del patrón que se relaciona con el deterioro de la calidad a flauta de pico.

## PALABRAS CLAVE

---

Aprendizaje motor, restricciones, sistemas dinámicos, grados de libertad, coordinación motriz, dinámica intrínseca, dinámica de la tarea, sincronización relativa, digitación, educación secundaria.

# 1

---

## INTRODUCCIÓN

La presente investigación está motivada primordialmente por la interesante perspectiva de la mejora del aprendizaje instrumental que se podría abrir en la etapa escolar y más en concreto para los alumnos que estudian música en la Enseñanza Secundaria Obligatoria (ESO). Después de varios años de experiencia como profesor, he visto la necesidad de iniciar la búsqueda de nuevas formas de mejorar en la enseñanza de la práctica instrumental como una inquietud primordial para el profesional que necesita incorporar nuevas formas y procesos del aprendizaje motor, que permita realizar una labor más eficaz, dentro de los tiempos exiguos con los que se disponen para dedicar a cada alumno dentro del horario establecido en las aulas de secundaria, siendo el principal objeto conseguir mejores resultados y nivel de excelencia instrumental para los alumnos que reciben educación musical en el sistema público de enseñanza.

La asignatura de música en la etapa de secundaria aparece desasistida. Aunque, no por parte del cuerpo de profesores que en ella desempeñan una labor profesional esforzada. Pensemos que en la educación no obligatoria musical que se imparte, por ejemplo, en los conservatorios estatales de música a lo largo y ancho de España, el profesorado de este cuerpo asiste cada hora de trabajo a un número muy reducido de alumnos en la clase instrumental: entre dos y cuatro en los niveles elementales, reduciéndose a dos alumnos/hora en los niveles medios e incluso a un alumno en niveles profesionales y superiores. Todo ello, debido a la exigencia del proceso de enseñanza / aprendizaje que la materia requiere por la demanda de una atención personalizada durante la corrección de la práctica instrumental, y a la necesidad de poder avanzar en la disciplina eficazmente. No existen fórmulas mágicas ni atajos en el aprendizaje motriz musical que no estén dentro de una atención e intervención total por parte del profesor en los procesos de aprendizaje motrices.

Hoy en día, se ha asumido que la música debe ser impartida y que todos los alumnos deben de recibir formación musical, porque es buena para el alumno. Hemos escu-

chado y leído manifestaciones de todo tipo: “fomenta la colaboración, el espíritu crítico y el respeto”, “fomenta el trabajo en equipo”, “mejora la inclusión social”, “estimula el hemisferio izquierdo”, etc.; escuchamos todo tipo de justificaciones “pedagógicas”, sabiendo que muchas de ellas no están suficientemente contrastadas a nivel científico o filosófico. ¿Por qué se acerca la música a los niños?, ¿esta visión ha sido siempre así? Definitivamente no, esta visión que se ha asumido en las distintas leyes educativas recientes, proviene de la tradición protestante centroeuropea, que pretendía integrar la música en la comunidad para facilitar la transmisión de ciertos mensajes por parte del poder del momento y que la masa lo asumiera; lo que Lutero denominaba como el único fin que la música debe de tener, el fin pedagógico, descartando otros aspectos: ya fueran artísticos, estéticos, filosóficos, técnicos, etc., que no sirvieran a lo que él denominó como la obra educativa práctica y que tuviera como único objetivo la instrucción de la juventud (Prochell, 1961). Contrariamente a esta concepción, los griegos, por ejemplo, no consideraron la música apta para todo el mundo. Esta visión protestante del mundo es la que impera en nuestras propuestas curriculares de secundaria y del mundo editorial que las asiste, ver como muestra que se han asumido ciertas metodologías alemanas, como por ejemplo, la *instrumentación Orff*, también denominada *Schulwerk* —de los años 30 del siglo XX—, método que nace por y para el único objetivo de contribuir a aquella labor de construcción de la “conciencia nacional” del momento en las escuelas alemanas, hoy totalmente obsoleto, desde el punto de vista de la perspectiva motriz, ya que no se contempla las grandes teorías del aprendizaje motor que vinieron después y han llegado hasta nuestros días.

Esta visión se enmarca en lo que Bueno (1997) denomina *el mito de la cultura*, y lo explica desde *el materialismo filosófico*; según el cual, la *cultura* ocupa el lugar de la religión como un mito oscurantista, porque oscurece la realidad y porque emerge como una necesidad del poder político, como es el caso de la *Kulturkampf* de Bismarck, que impone conceptos como “nación cultural” y que llama “cultura” a todo lo aprendido desde lo impuesto por ciertas oligarquías dominantes, despreciando al resto de aspectos cotidianos de la sociedad, que también son cultura, pero que no sirven a esa ideología. Esta visión de la *cultura* es ajena a la secular usanza en la civilización hispánica, donde nunca tuvo tal significado. Bueno señala que desde San Agustín hasta Kant la idea de la *cultura* ha sido otra, distinta de la impuesta por la reforma protestante y la ilustración. Tal idea impuesta se interpretó como “espíritu del pueblo” y después se dio en llamarla “ciencias de la cultura” e incluso, hoy, se confunde comúnmente con las ciencias humanas o ciencias del espíritu, pero que nada tienen que ver con las disciplinas científicas que intentan sustentar.

La presente tesis pretende ser una refutación de estas concepciones erróneas, antes señaladas. Para ello, el presente estudio se basa en la reivindicación de nuevos métodos basados en estudios y teorías científicas motoras actualizadas. La vivencia diaria que los



profesores experimentamos en las aulas de secundaria nos revela los inadecuados enfoques didácticos actuales. También la presente situación y condiciones de trabajo, son sin duda consecuencia de una legislación y planificación de la asignatura inadecuada en los centros, que se explicita en cualquiera de los Reales Decretos referidos a las enseñanzas mínimas / básicas de la ESO que podemos analizar. Queda patente la no adecuación organizativa, temporal, de dotación humana, material etc. dentro de los departamentos musicales, no permitiendo al profesional afrontar cual titánica empresa con un mínimo de garantía de éxito.

La asignatura de música es tratada como una especie de “adorno” en los currículos de secundaria, porque el propósito como se ha expuesto no es que el alumno aprenda música, sino que adquiera conceptos generales, de tipo culturales o sensibles, puramente subjetivos en ocasiones. Parecería que el legislador ha querido “salir del paso”, como si quisiera “acercar la música al pueblo”, es decir, la “cultura” o el “mundo sublime”, aunque sin considerar o sin entender lo que conlleva semejante finalidad, pues no se corresponden los recursos disponibles con los objetivos tan elevados que se señalan en las leyes.

Nos encontramos, pues, ante un reto importante, y por ello intentamos ofrecer un nuevo enfoque al aprendizaje instrumental en el aula y una actualización de las metodologías en nuestros centros de trabajo. Es a partir de esta perspectiva, por la importancia que entendiendo que ello tiene, desde donde hemos abordado la realización de la presente tesis doctoral. Gracias al Programa Oficial de Doctorado en Ciencias de la Educación de la Universidad de Granada (B22/56/1), el cual nos ha posibilitado desarrollar la presente investigación en la Facultad de Educación y Humanidades de la Universidad de Granada en el Campus de Melilla, a través de los departamentos de **Didáctica de la Expresión Musical, Plástica y Corporal y Educación Física y Deportiva**, que nos han permitido desarrollar un programa de intervención científico para comprobar en qué medida se puede mejorar la capacidad de interpretación de melodías musicales para flauta dulce por parte de los estudiantes. Agradecemos a la Dirección Provincial del Ministerio de Educación, Cultura y Deporte de Melilla por concedernos el permiso para utilizar el aula-laboratorio de música del IES Leopoldo Queipo, lo que nos ha posibilitado poner en funcionamiento el programa de intervención de la muestra de 147 sujetos que han participado en la investigación, previa autorización por escrito (ver Anexo I) de padres / tutores legales y cumpliéndose las normas éticas de la Declaración de Helsinki y de la Universidad de Granada. Así, el proceso del aprendizaje instrumental implementando con las restricciones de la tarea aplicadas durante las fases de adquisición nos ha permitido provocar el cambio en los procesos de búsqueda y, por tanto, en los *patrones* resultantes que fueron observados en las distintas condiciones a través de las medidas de las variables de error establecidas. Bernstein (1967) ya señaló que la práctica no es una simple repetición que medie para una solución de un problema motor dado,

sino que es el proceso de cambio en cada repetición lo que conlleva a una solución de la tarea.

Con esta propuesta, se abre un mundo nuevo a la hora de comparar también otros aspectos no sólo relacionados con la calidad sonora en la ejecución de la melodía, sino también relacionados con la parte motriz de cada sujeto durante la ejecución, como los movimientos de los dedos en cuanto a errores de digitación se refiere, y con cómo fluctúan las variables a lo largo de las distintas fases del estudio sobre el alumno.

Por último, y como grandes conclusiones a extraer de esta para nosotros apasionante experiencia investigadora llevada a cabo en la presente tesis, que hemos tratado de entrar en un ámbito novedoso para el aprendizaje instrumental en música, como es la utilización de restricciones informacionales en el aprendizaje motor del sujeto. Dejamos abierto el estudio y animamos a otros profesionales a investigar y a utilizar nuevas fórmulas de aprendizaje instrumental en la educación secundaria basadas en el ámbito científico motor.

# 2

## PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

### 2.1 LOS PROCESOS DE APRENDIZAJE DE LAS HABILIDADES MOTRICES

Antes de presentar la fundamentación teórica en que se sustenta el presente estudio es necesario delimitar dos conceptos claves previos que suponen una cuestión central en este trabajo; por un lado la consideración del término *aprendizaje* que consiste en el proceso por el cual la conducta se desarrolla y se altera a través de la práctica y la experiencia, y de forma más específica en el ámbito del *aprendizaje motor* que implica todo un conjunto de procesos internos que conducen a cambios relativamente permanentes en la conducta para realizar actividades motoras. Este proceso no es observable efectivamente por sí mismo, y ocurre como una función de la práctica y de la experiencia, y no como resultado de la maduración. Así, los modelos teóricos del aprendizaje motor intentan representar un sistema o un proceso que permite explicar, calcular o predecir su comportamiento de manera más rápida y más eficaz que mediante la consideración directa del sistema o proceso que se trate (Ruiz, 1994). Dentro de los diferentes modelos del aprendizaje motor que se han ido proponiendo por los teóricos de este campo, los cuales tratan de hallar un modelo válido en las últimas décadas, destacando dos de ellos: el *modelo de procesamiento de la información* y la *teoría de los sistemas dinámicos* (TSD), también denominada *teoría de los sistemas complejos*.

#### 2.1.1 Modelo de procesamiento de la información

Después de que Shannon en 1949 publicara *The mathematical theory of communication*, se tomó el vocabulario y conceptos de la computadora y del *procesamiento de la*

información para explicar las nuevas teorías cognitivas que pudieran generarse. No obstante, el uso de la metáfora de la computadora para explicar el procesamiento humano de la información, no implica que el cerebro funcione de forma análoga a la computadora, aunque el modelo del *procesamiento de la información* se enfrenta al estudio de los procesos mentales desde una perspectiva mecánica. El *procesamiento de la información* no es una sola teoría, es una síntesis que asume este nombre genérico como señala Gimeno y Pérez (1993), que muestra un mapa del aprendizaje como *procesamiento de la información* (ver Figura 1) que integra también las aportaciones anteriores de los conductistas y asociacionistas.



Figura 1. Mapa conceptual del procesamiento de la información de Gagné, en Gimeno y Pérez (1993).

Lo fundamental que tiene el *procesamiento de la información* como concepto antropológico según Gimeno y Pérez (1993):

El hombre es un procesador de información, cuya actividad fundamental es recibir información, elaborarla y actuar de acuerdo a ella, es decir, todo ser humano es activo procesador de la experiencia mediante el complejo sistema en el que la información es recibida, transformada, acumulada, recuperada y utilizada. (p.54)

Otra peculiaridad que señala Duffé Montalván (1970), es que el sujeto no necesariamente interactúa con el medio real, sino que su interacción es con la representación subjetiva hecha de él, y por tanto, se asegura el aprendizaje por procesos internos (cognitivos), es decir como los asuma y los procese. Por todo ello, señala que el énfasis se da en las instancias internas, sin olvidar la mediación con lo externo. Las instancias internas son estructurales, porque se refieren al proceso de incorporación de la información desde las condiciones ambientales. De esta manera, el esquema de Mahoney de 1974 (ver Figura 2) muestra los principales elementos del modelo del *procesamiento de la información*.

### Modelo de procesamiento de la información de Mahoney, (1974).



Figura 2. Esquema de Mahoney, en Gimeno y Pérez (1993, p.54).

Como podemos ver, los elementos estructurales son tres: *registro sensitivo*, que recibe información interna y externa; *memoria a corto plazo*, breves almacenamientos de la información seleccionada; *memoria a largo plazo*, organiza y mantiene disponible la información por más tiempo. Y las categorías del procesamiento son cuatro: *atención*, recibe, selecciona y asimila los estímulos; *codificación*, simboliza los estímulos según estructuras mentales propias (físicas, semánticas, culturales); *almacenamiento*, retiene de forma organizada los símbolos codificados; *recuperación*, uso posterior de la información organizada y codificada.

No obstante, la teoría del *procesamiento de la información* empieza a ser importante, definitivamente, una vez llegados los años 70 (Batalla, 2005). Pero antes, Oña (1994) recoge las dos fases que señaló Schmidt (1988) sobre la historia específica del comportamiento motor. La primera es previa y en ella se da la existencia de dos líneas: la *Neurofisiológica* y la *Psicológica*, pero sin demasiada comunicación entre ellas, y otra más reciente a partir de los años 70, la llamada de *síntesis* desde la *perspectiva comportamental*. En la línea *neurofisiológica*, el movimiento como comportamiento (ligado a las ciencias biológicas en un principio) parte con los pasos importantes de Jackson (1870, citado por Schmidt, 1988). Después con Sherrington (1857–1952) y sus trabajos sobre inervación recíproca y propiocepción, los posteriores trabajos de Herrick (1924), Pavlov y los destacados trabajos de Bernstein (1930–1940) sobre locomoción.

La línea *psicológica* se inició orientada hacia el estudio de ciertas habilidades desde la demanda escolar y profesional (telegrafía, tiro, etc). Con Woodworth (1899) se establecen los principios fundamentales de los movimientos rápidos de las manos. También Thorndike (1874–1949) tuvo gran influencia en el aprendizaje motor con sus *leyes del efecto y del ejercicio*. A partir de 1930 los propios educadores físicos realizan trabajos sobre el *desarrollo motor* (Shirley, 1931). Después de la segunda guerra mundial en Norteamérica empieza la *síntesis* con la *neurofisiología*. Fleishman (1964), motivado por la selección de personal en la industria y en el sector militar aplicó sofisticadas técnicas estadísticas de análisis factorial. Craik (1948), considerando el cerebro como una computadora, propició la *teoría del canal único* (Welford, 1952), donde el procesamiento motor habría de ser secuencial. Poulton (1957) estableció importantes constructos como los de *anticipación* o *timing*. Fitts (1954) representó las relaciones entre *extensión del movimiento y precisión*. Henry (1960) con su constructo del *programa motor* y su teoría de los *memory-drum* sobre los mecanismos del procesamiento en la ejecución motora basadas en el modelo de canal único de Welford. Posner (1969), estudiando el valor de la *atención y la memoria a corto plazo* en el control del movimiento. Oña (1994) señaló que la *síntesis* de ambas líneas estudia el movimiento bajo una perspectiva comportamental, siendo fundamental considerar el papel regulador de la *psicología cognitiva* al destacar los procesos mediadores en el comportamiento desde los años 70 (Schmidt, 1988).

Así, a partir de los años 60 y fundamentalmente en los 70, el interés de las investigaciones se trasladó desde el producto del aprendizaje hasta los procesos que intervienen en el mismo (Granda y Alemany, 2002). Por ello, en los 70 los investigadores empiezan a descartar el conductismo como teoría exclusiva para explicar el aprendizaje, se desengañan en sus esfuerzos de verificar completamente las ideas de Piaget y empiezan a mirar hacia el área de la psicología cognitiva para así encontrar nuevos caminos (Prather y Gardner, 1992). Pero fue en 1971 cuando Adams publicó lo que para muchos es el primer modelo teórico elaborado y consolidado sobre el aprendizaje y el control motor. Este artículo fue el punto de partida de numerosas publicaciones, investigaciones y teorías, por lo que es lógico que se le considere como un hecho crítico dentro de la historia del aprendizaje motor y un intento de superación de las teorías conductistas (Batalla, 2005).

Adams (1971) destacó el papel del *feedback sensorial* en el aprendizaje de los movimientos, y generalizó los datos obtenidos sobre conducta verbal en la memoria a corto plazo a las conductas motoras (Oña, 1994). Señaló que el papel de la práctica intencional y el conocimiento de los resultados obtenidos (CR) son las claves de un aprendizaje motor sin errores; además, para que el aprendizaje pueda producirse, el sujeto debe crear un mecanismo detector de errores que favorezca los procesos de comparación entre los gestos realizados y el valor que se necesita para realizar dichos gestos. Así, cuando un sujeto se dispone a realizar una tarea, lo primero que se activa es una serie de estados en la memoria: el primer estado es el trazo de memoria cuya misión es generar y desencadenar la respuesta, y que lo denomina modesto programa motor. Esta huella se elabora a partir del conocimiento de los resultados (CR), de manera progresiva y a consecuencia de la práctica. El segundo estado lo llama *trazo perceptivo* y corresponde a la imagen sensorial del movimiento. El trazo se crea progresivamente con la información enviada por los analizadores sensoriales (*feedbacks* intrínsecos), los efectos conseguidos por la realización del movimiento (*feedbacks* extrínsecos) y el CR, señalando que los errores deberán ser evitados en lo posible para que puedan configurar un correcto *trazo perceptivo* (Batalla, 2005).

Schmidt (1975) intentó solventar varias cuestiones no resueltas de la teoría de Adams con su teoría del esquema (ver *Figura 3*), entendiendo éste como “estructura cognitiva que controla la realización del movimiento”, así desde su perspectiva toma el significado de regla o fórmula.



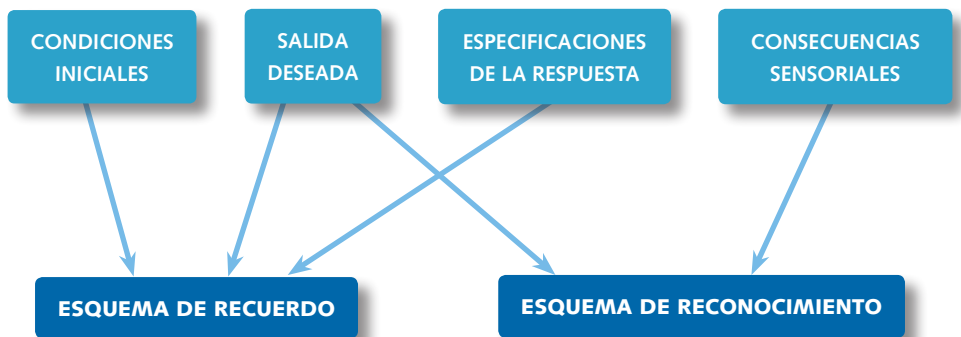
Figura 3. Representación gráfica de la teoría del esquema de Schmidt (1975).

Por todo ello, en 2003 incluso reconoce que la *Teoría del Esquema* es heredera directa de la *Teoría del Bucle Cerrado* de Adams al señalar que: “Puede interpretarse como una versión de la Teoría del Bucle Cerrado de Adams, pero con más énfasis en el mecanismo de recuerdo” (Schmidt, 2003, p.384).

Dicho esto, Schmidt se centra en cómo se almacenan las tareas nuevas que un sujeto aprende y que, según él, Adams no termina de concretar con su teoría. Por ello crea los llamados Programas Generales de Acción o Programa Motor Generalizado (GMP) que tienen el objetivo de resolver el problema del almacenamiento en la memoria. Este GMP es un conjunto de coordinaciones motrices subyacentes a una clase de movimiento. A partir de este GMP se elabora el *esquema de respuesta motriz* que especificará el programa motor y se convertirá en un movimiento concreto con unas consecuencias y resultados concretos. Schmidt atribuye a los esquemas motores el papel de reguladores de los aspectos variables de la ejecución de las habilidades motrices y remarca la necesidad de entender que se trata de estructuras claramente diferenciadas de los programas motores generalizados (Batalla, 2005).

Sobre esos programas motrices concretos de la teoría del esquema de Schmidt, Grosser y Neumaier (1986) indicaron que el aprendizaje motor supone la creación de *reglas generativas* (relativamente amplias) que permiten que el sujeto rescate de su memoria los programas motrices concretos que le sean necesarios para solucionar los problemas motrices a los que se enfrenta.

Así, la generación de estas reglas o formulas y consecuentemente los esquemas de respuesta motriz (de evocación y reconocimiento) vienen como consecuencia de la *abstracción* de las relaciones existentes entre cuatro fuentes de información, que el sujeto recibe y que son las siguientes (ver *Figura 4*):



**Figura 4.** Fuentes de información para la elaboración de los esquemas de acción de Batalla (2005) basado en Schmidt (1975).



- *1° Condiciones iniciales.* El sujeto, cuando se propone realizar la tarea, almacena informaciones sobre las diferentes características del punto de partida antes de moverse: posición del cuerpo, objetos a dominar, modificaciones del medio, etc.
- *2° Especificaciones de la respuesta (motriz).* La realización de un movimiento supone la puesta en acción y calibración del mismo. Esto hace referencia a su parametrización, o lo que es lo mismo, a la determinación de los parámetros de fuerza, intensidad, duración, velocidad, etc.
- *3° Consecuencias sensoriales.* Durante la práctica, y como consecuencia de la misma, el alumno emplea sus diversos canales sensoriales (visión, audición, tacto y quinesia) para conocer cómo realizó el movimiento. A medida que el alumno va adquiriendo experiencia se va anticipando a las posibles consecuencias sensoriales derivadas de su actuación.
- *4° Conocimiento de los resultados (CR)* de su acción y efectos de ésta en el ambiente. Los resultados obtenidos son fuente de información muy importante en todo aprendizaje motor.

Señalar que el sujeto no almacena toda la información proveniente de estas cuatro fuentes de información, lo que almacena en la memoria son las *relaciones* que se establecen entre estas cuatro fuentes (Schmidt, 2003). Pero, ¿cuáles son los procesos que se llevan a cabo para ejecutar una habilidad? Según Schmidt (2003), para ejecutar una respuesta, el sujeto procesa la información procedente de dos fuentes: 1) *las condiciones iniciales* y 2) *la salida deseada o respuesta específica* para formar lo que Schmidt denomina “esquema de recuerdo”. En cierto modo, sería el equivalente a la huella mnésica de Adams según Batalla (2005), permitiendo a este *esquema de recuerdo* que Schmidt explique la producción de la respuesta. Sin embargo, esta estructura no puede, por sus características y componentes, servir como elemento de control de la ejecución del movimiento. Por ello, para llevar a cabo esta función, la teoría de Schmidt contempla la existencia de un segundo tipo de esquema: *el esquema de reconocimiento*, que podría homologarse a la *huella perceptiva* de la teoría de Adams. De esta forma, ambos esquemas, *el esquema de recuerdo* y *el esquema de reconocimiento* están fuertemente relacionados. El *esquema de reconocimiento* le permite al sujeto prever las consecuencias sensoriales que acarrearán la ejecución de un movimiento, posibilitándole controlar el desarrollo de la acción (Batalla, 2005).

La tercera estructura de la teoría de Schmidt es el *esquema del etiquetado del error*, que recoge las diferencias entre el *esquema de reconocimiento* y las *consecuencias sensoriales* de la ejecución en curso, y que puede utilizarse como *refuerzo subjetivo* y sustituir al CR cuando éste no se halla disponible (Swinnen, 1988), aportando así la información necesaria para ‘actualizar’ el *esquema de recuerdo*. Sin embargo, a pesar de

la existencia de este mecanismo intrínseco de detección del error, si hay presencia del CR, se utilizaría éste por ser más preciso (Batalla, 2005). En consecuencia, el aprendizaje es más adquisición de esquemas, reglas o fórmulas de acción que de respuestas específicas. Considerando todo ello, la *transferencia* es el fenómeno relevante en la enseñanza-aprendizaje (Schmidt, 1982).

Mencionar algunos aspectos de la *teoría del esquema* de Schmidt que no terminan de ser resueltos en el proceso de aprender nuevas habilidades, y que, según el propio autor, serían (Schmidt, 2003; en Batalla, 2005):

- a) El control jerárquico de algunas habilidades motrices (se han hallado evidencias de que en determinadas acciones coexisten diferentes estructuras y procesos de control dirigidos a diversos segmentos o partes corporales) no es consistente con la Teoría del Esquema, ya que no admite el hecho de que una acción esté controlada por un único programa motor generalizado.
- b) La teoría que nos ocupa explica de manera convincente el proceso de corrección del error cuando se trata de habilidades rápidas, pero falla a la hora de hacerlo en habilidades continuas y lentas, ya que en éstas: "El movimiento se produce al llevar (el segmento) a la posición reconocida como correcta vía feedback, por lo que el sujeto no puede tener más capacidad de detección del error una vez efectuada la acción" (Schmidt, 2003, p.371).
- c) Los estudios que demuestran que una frecuencia reducida de CR —y en general del *feedback* aumentado— favorece el aprendizaje de las habilidades van en contra de las predicciones de la *Teoría del Esquema*. Sin embargo, la diferenciación que Wulf y colaboradores (por ejemplo, Wulf y Schmidt, 1989, 1996; Wulf, Schmidt y Deubel, 1993) hacen de la influencia de esta variable sobre los programas y los esquemas motores, compatibiliza ambas perspectivas.
- d) Se ha podido demostrar (Young y Schmidt, 1999; en Schmidt, 2003) que los sujetos rinden mejor dentro de una misma clase de acciones en aquellas versiones que más han practicado, lo que es inconsistente con la concepción del esquema propia de la teoría que nos ocupa.
- e) Esta teoría no puede explicar la influencia del esfuerzo cognitivo en el aprendizaje de habilidades motrices, ya que, según sus postulados, el nivel de aprendizaje estará en función del número de intentos de CR que reciban y de la *variabilidad de la práctica*. Ignorando el papel de los procesos cognitivos (toma de decisión) en el aprendizaje motor (Sherwood y Lee, 2003). Igualmente, es incapaz de explicar aspectos como la mejora del rendimiento debida a situaciones de práctica sin movimiento (práctica imaginada, aprendizaje por observación, etc.) o las diferencias en el aprendizaje debidas a la estructuración de los intentos de práctica (práctica serial, bloqueada, aleatoria, etc.).

A partir de la década de los 80 los artículos relacionados con las teorías enmarcadas en el procesamiento de la información sufren una importante disminución, mientras que, de manera simultánea, aparece con fuerza una nueva línea teórica y de investigación que los autores engloban bajo el epígrafe "teorías dinámicas oscilatorias". Este enfoque, muy extendido en la actualidad, supone una ruptura casi total, ¡o total!, con los modelos anteriores" y añade "que ha recibido múltiples denominaciones, *Action system*, perspectiva dinámica, perspectiva ecológica, de los sistemas dinámicos, de los sistemas complejos, de la autoorganización, etc. (Batalla, 2005, p.72)

### 2.1.2 Modelo de los sistemas dinámicos

El enfoque de la dinámica del comportamiento es un área científica interdisciplinar. Formalmente, ser dinámico significa que cambia a medida que el tiempo pasa, por lo que un sistema es un conjunto de partes relacionadas que se perciben como una única entidad cuyo estado cambia con el tiempo. Esto contrasta con el enfoque 'tradicional' (por ejemplo, del *procesamiento de la información*) que concibe el comportamiento cognitivo como el resultado del cálculo de procesos localizados en el cerebro (Araújo, 2006, p.56).

La psicología ha observado las idas y venidas de varias teorías de aprendizaje motor (las teorías ejecutivas centrales de circuito cerrado Adams de 1971 o de esquema de Schmidt de 1975) que según Vereijken y Bongardt (1999) están limitadas, porque se han referido a movimientos comunes con una sola articulación y a colocar tareas sobre situaciones inmóviles, sin tener en cuenta que los movimientos en el mundo verdadero son altamente complejos y se realizan bajo condiciones siempre cambiantes, y es por ello por lo que algunos sostienen la necesidad de la TSD.

La *Teoría Ecológica de la Percepción* de Gibson (1979) y la *Física de los Sistemas Biológicos Autoorganizados* (Kugler y Turvey, 1987) hacen que la TSD aplicada al movimiento humano vaya tomando cuerpo, algunos conceptos relevantes son:

- El comportamiento humano es un sistema complejo en la naturaleza física del mundo.
- La información en los patrones de movimientos surge por la interacción, no basándonos en la información almacenada.
- La importancia de los principios de autorregulación.

El concepto de *autorregulación* será fundamental para entender la coordinación de los movimientos; este concepto implica que los movimientos coordinativos son producto

de complejas interacciones que se adaptan de forma flexible a las condiciones del entorno y del propio practicante (Beek, Peper y Stegman, 1995).

*La Teoría Ecológica* del aprendizaje motor es una de las que se integran en este modelo, lo cual, como señalan Granda y Alemany (2002) se basa en los principios de la psicología ecológica, que hace hincapié en el estudio de las transacciones de información entre sistemas vivos y su entorno, especialmente en cómo estos relacionan la percepción de situaciones significativas y la ejecución ante las propuestas creadas en el entorno (Kugler y Turvey, 1987), así como en las aportaciones realizadas desde la *Teoría General de Sistemas* de Bertalanffy (1968), que planteó el proceso de aprendizaje como un acto dinámico en el que se produce una complejidad de interacciones y en el que el aprendiz es el verdadero protagonista. Ruiz (1994, p.44) señala que un conjunto de especialistas trataron de encontrar otra explicación alternativa al aprendizaje motor orientándose hacia la *teoría ecológica*. Así, tomando la teoría de la percepción de Gibson y las aportaciones de Bernstein junto a otros estudios e investigaciones se elaboraron los diferentes postulados teóricos según Kelso (1982) (en Keele, 1982). De este modo, la explicación de la coordinación y del control motor, se basa en el análisis de la relación entre limitaciones (*constraints*) ambientales y las morfológicas, existiendo por tanto dos fuentes de control: la ambiental donde el sujeto se mueve y la relacionada con el propio practicante. Según esta orientación no se considera la existencia de procesos cognitivos superiores que guíen la acción, sino que el aprendiz percibe directamente sin necesidad de ninguna elaboración mental previa.

La otra noción fundamental de la teoría ecológica que señala Ruiz (1994, p.45) es la *estructura de coordinación*, donde el sujeto debe controlar los diversos *grados de libertad* de su cuerpo, conjugando los diferentes grupos musculares para que actúen como una unidad. Bernstein (1967) se preguntaba ¿cómo pueden ser regulados los numerosos grados de libertad de las articulaciones del cuerpo, de forma sistemática, en contextos variables, por un sistema ejecutivo mínimamente inteligente y que intervenga al mínimo? En la *teoría ecológica* el aprendizaje motor entraña el descubrimiento de las limitaciones de articulaciones y músculos puestos en juego en la práctica motriz (Granda, 1998, p.225), siendo las *estructuras de coordinación* las *unidades de control* motor que gobiernan dichos grupos de músculos y articulaciones, haciendo que funcionen como una unidad y estando estas *estructuras de coordinación* influenciadas por el medio ambiente (Ruiz, 1994, p.45).

Así, los *sistemas dinámicos* son sistemas complejos, altamente interconectados, capaces de adquirir ricos patrones de comportamiento debido al potencial para la interacción entre los componentes del sistema (Araújo, Davids, Bennett, Button y Chapman, 2004). Desde esta perspectiva dinamicista los fenómenos naturales se pueden explicar en múltiples escalas de análisis, siguiendo los mismos principios subyacentes abstractos, independientemente de la estructura y la composición del sistema, la cognición y la

acción pueden ser descritos en términos de atractores, estabilidad, transiciones, acoplamientos, etc. (Beer, 2000).

Nikolai A. Bernstein como pionero de esta teoría comenzó sus investigaciones en los años 30 a petición del gobierno soviético, para el que realizó estudios sobre los movimientos humanos para la optimización del trabajo, descubriendo que los movimientos nunca siguieron la misma trayectoria dos veces (Bernstein, 1967). Por ello, en el mundo mecánico, las piezas móviles siguen una trayectoria fija que tiene solamente un solo *grado de libertad*. La creación de un *grado de libertad* adicional permite que el sistema deambule en un plano y añadir otro más deja al sistema moverse a través del espacio, y así sucesivamente (Vereijken y Bongaardt, 1999). Pero esto cambia en el mundo de los sistemas biológicos, ya que la trayectoria del movimiento de los miembros siempre es cambiante (por eso Bernstein afirmaba que la organización subyacente del sistema de movimiento no es de naturaleza mecánica), y además la organización de movimientos es flexible a través y dentro de las tareas, como demuestran Bernstein y Popova (1930) (en Kay, Turvey y Meijer, 2003) en su estudio del brazo inmóvil, que cambió de movimientos rígidos a movimientos pendulares con el aumento de velocidad de los movimientos al tocar el piano, es decir, permitiendo más *grados de libertad*. Vereijken y Bongaardt (1999) añaden que antes de que el sujeto pueda explotar la multiplicidad de *grados de libertad*, primero tiene que coordinarlos, y esto no es una tarea trivial, porque los sujetos necesitan *apremios* en la acción para dominar los *grados de libertad redundantes*, ya que así es como se hace el sistema de movimiento.

Pero una de las cuestiones que nos interesan del modelo de los *sistemas dinámicos* es el trato de las *restricciones* a través de los denominados *apremios*, que, como señala Newell (1996), pueden ser originados en el organismo, la tarea o el ambiente. Sobre la naturaleza de los *apremios*, Vereijken y Bongaardt (1999) señalan que para manejar los *grados de libertad redundantes* de alguna manera se tienen que reducir estos durante la adquisición de la habilidad, siendo aquí donde el sujeto suele ser abrumado por la carencia de estabilidad en su desempeño. De forma general los *apremios* se pueden dividir en dos, los que residen dentro del organismo y los que sean externos a éste. Aunque Newell (1986) matizó esta clasificación sugiriendo que los *apremios* se pueden originar en el organismo, en la tarea o en el ambiente, incluyendo el *feedback* o la información aumentada como un *apremio* de la tarea. Gibson (1966, 1979) añade que uno de los más poderosos *apremios* es la resultante de la interacción entre las percepciones y sus acciones, ya que lo que se percibe guía las opciones de ejecución bajo condiciones ambientales empobrecidas, como por ejemplo, en un laboratorio donde probablemente sea muy diferente la ejecución con respecto a situaciones reales. Además, esta premisa se acentúa para llegar a ser experto, porque también implica aprender a detectar información relevante del ambiente y a usarla para dirigir sus acciones. Por otro lado, señalar que hay un precio que se paga al reducir los *grados de libertad*, ya que también se reducen las opciones que tiene el sujeto disponibles

para solucionar un problema. Si las opciones disponibles le permiten lograr cierta tarea, por ejemplo: si se producen cambios en los requisitos de la tarea o ambiente, se necesita reclutar *grados de libertad* adicionales para así aumentar sus posibilidades de acción. Si fuera un sistema mecánico, la organización sería introducida por los fabricantes, pero en el cuerpo humano la flexibilidad del sistema nervioso le permite formar organizaciones temporales de *grados de libertad*, cuando la tarea, su intención o el ambiente cambian, entonces esta clase de ensamblaje suave permite que el sujeto reorganice los *grados de libertad* del cuerpo (Vereijken y Bongaardt, 1999).

Bernstein (1967) describió el proceso de desarrollar y de aprender habilidades como un proceso de constreñir y soltar *grados de libertad*, donde los sujetos crean y aniquilan *sinergias*, término éste también acuñado por él, de tal manera que uno pueda aprender y mejorar su aprendizaje por sí mismo cuando adquiere el control del balance entre los *apremios* y los lanzamientos de los *grados de libertad*. Bernstein señaló que el control central de todos los *grados de libertad* redundantes del cuerpo humano es imposible; cuestión que elimina cualquier relación directa y unívoca entre las señales eferentes y los propios movimientos. En la TSD, las variables que controlan las *sinergias* se llaman *parámetros de control* (Schöner, Zanone y Kelso, 1992), y su identificación, en cualquier caso, depende de una experimentación cuidadosa (Vereijken y Bongaardt, 1999). Kelso (1982) (en Keele, 1982), Kugler, Kelso y Turvey (1980) y Turvey, Shaw y Mace (1978) combinaron esta idea de Bernstein con la premisa de Gibson, sobre la dependencia mutua de percepción y acción, es decir, que los principios generales del comportamiento motor deben ser encontrados en la relación entre un organismo y su ambiente más que en las características de un organismo (Gibson, 1966 y 1979).

Respecto a las características del comportamiento experto, Vereijken y Bongaardt (1999) señalan que los movimientos complejos implican muchos *grados de libertad* (a más grados de libertad, más flexible el desempeño) pero también muchos *grados de libertad* hacen el desempeño más difícil si no imposible de controlar; por tanto, debido a sus acoplamientos no lineales, necesitan ser constreñidos. Es decir, por un lado la redundancia permite flexibilidad y por otra requiere *apremios*, estando caracterizados los movimientos expertos en lograr un equilibrio razonable y feliz entre la flexibilidad y el constreñimiento.

Mencionar también el papel de la *affordance*, que Gibson en 1986 introduce en su trabajo de la percepción visual y que interpreta como una posibilidad de acción disponible en el medio ambiente del individuo. En esta ley gobierna el *acoplador* informativo que es dependiente de la facultad perceptiva del individuo. Ruiz (1994, pp.45–46) señala que el concepto de *affordance* —valor funcional o utilidad percibida— es un término básico en la teoría ecológica. Granda (1998, p.225), además, añade, que son juicios perceptivos en función del tamaño corporal y de la capacidad motriz efectiva del sujeto que aprende. Burton (1987) argumenta que el *affordance* es una utilidad percibida, porque

el sujeto percibe la utilidad de objetos y situaciones de forma directa y se relaciona con sus propias capacidades de acción. También apunta que los problemas de aprendizaje pueden deberse a tres tipos de dificultades:

1. Una mala percepción de estas utilidades (*affordance*) supone la realización de movimientos inapropiados, movimientos erróneos en términos espacio-temporales, o incluso, los movimientos pueden estar bien coordinados pero realizados en un momento y lugar inadecuados.
2. Los problemas con las *affordances* relacionales. Esto es, dificultades para percibir el potencial de acción de los demás en relación con las propias potencialidades para actuar, cuando hay dificultades para coordinar acciones con otros.
3. Dificultades para inhibir respuestas ante la percepción de las diferentes utilidades (*affordances*), es decir excesiva motricidad (hiperactividad) hacia objetos y personas.

Araújo, Davids y Hristovski (2006), sobre las varias alternativas para explicar la toma de decisiones, señalan que una de ellas sería que se tomara la decisión dentro de la relajación del sistema entre entorno e individuo hacia el estado más atractivo del potencial del paisaje. De este modo, sin mediación ni inferencias adicionales, se buscaría la opción más atractiva en un paisaje con diferentes profundidades de *atractores* (válidos). Así, la primera opción podría ser la selección del *atractor* más fuerte en términos de una potencialidad, por ejemplo si la tarea es familiar significa que habría *affordances* que convierten a algunos *atractores* en opciones válidas y otras opciones en repelentes. De esta forma, la opción seleccionada sería la *affordance* con posibilidad de que impulse el sistema hacia la meta, haciendo caso omiso a otras opciones. No obstante, el hecho de que se seleccione a un *atractor* fuerte en el paisaje no elimina a otros *atractores*, ya que bajo ciertas condiciones estos otros *atractores* (aún siendo las opciones 2da. ó 3ra.) podrían ejercer su atracción en primer lugar. Todos pertenecen al paisaje de este *sistema dinámico*, lo que indica que todavía están ejerciendo influencia, en función de cómo evolucione el sistema, como son *atractores* metaestables, el sistema puede saltar de uno a otro más o menos rápido en función de, por ejemplo, una *restricción* (como la falta de tiempo). Los saltos en el paisaje son más rápidos que los tiempos para el cambio en los *parámetros de control*. Por tanto, bajo situaciones deportivas (o musicales) severas con limitaciones de tiempo (de uno a unos segundos) los saltos del sistema son más pequeños (pocos cientos de milisegundos) como indican Haken et al. (1985). De este modo, si unos *atractores* están presentes, el sistema saltará varias veces de un *atractor* a otro, si está muy profundo y al sistema no le da tiempo, se quedará con un *atractor* que ya fue habitado. Por otro lado, con probabilidades iguales, los *atractores* tienen la misma profundidad y fuerza de ser seleccionados por el sistema.



Vereijken y Bongaardt (1999) indican las 3 etapas cualitativamente diferentes de coordinación durante la adquisición de una nueva habilidad y hacia una ruta al comportamiento experto. La Etapa 1, caracterizada por la eliminación de los *grados de libertad*. Cuando el aprendiz se enfrenta a una nueva tarea motriz, es fácil perder el control y provocar errores en la ejecución y para resolver esto se reducen los *grados de libertad* de dos formas. La primera estrategia es reducir los *grados de libertad* del cuerpo de forma rígida (Bernstein, 1967, p.108), eliminando el problema del control (como los neumáticos traseros de un coche). La segunda estrategia es introducir acopladores rígidos temporales y reducir el control de los *grados de libertad* independientes a uno sólo (como el volante de un coche que dirige el curso de los neumáticos delanteros y así el coche en su totalidad). Estudios como el de Arutyunyan, Gurfinkel y Mirskii (1968, 1969) señalan que comparando dos tiradores, uno experto y otro inexperto, los expertos no exhibieron ninguna fijación, sino más bien acciones compensatorias a sus acoplamientos del brazo para reducir al mínimo la variabilidad del movimiento de la pistola; en contraste, los inexpertos mantuvieron fijados firmemente los acoplamientos biomecánicos de su brazo. La Etapa 2 se caracteriza por la exploración de los *grados de libertad*, permite un progreso hacia un incremento de la flexibilidad y añade *grados de libertad* adicionales para incluirlos en el desempeño; por ejemplo, Vereijken, van Emmerik, Whiting y Newell (1992) levantaron gradualmente las *restricciones* de los *grados de libertad* en una tarea motriz aumentando así los movimientos angulares en las articulaciones de la pierna y disminuyendo los acopladores entre las articulaciones. La Etapa 3, también de exploración de los *grados de libertad*, consistió en oponerse y controlar las fuerzas pasivas (reactivas, de fricción o de inercia resultantes de una tarea motriz) o intentar extinguirlas. Bernstein (1967) señaló que es la etapa más alta de la coordinación y permite que las fuerzas musculares activas generadas puedan ser reducidas al mínimo, aunque Vereijken y Bongaardt (1999) añaden que este principio es raramente considerado en los estudios de la adquisición de la habilidad dentro de los análisis biomecánicos; esta etapa se caracteriza por una compensación adecuada entre la flexibilidad y el constreñimiento, Bernstein la llamó la etapa más alta de libertad de coordinación porque el sujeto no sólo es capaz de ocuparse flexiblemente de las demandas y de las circunstancias cambiantes, sino que también puede utilizar en su beneficio fuerzas pasivas como la gravedad, la inercia y las fuerzas reactivas, lo que permite que disminuyan las fuerzas activas del músculo, logrando más con menos esfuerzo. Así, estas tres etapas (eliminar, explorar y explotar los *grados de libertad*) forman la ruta general hacia el *comportamiento experto*.

Con todo ello, otra dominante relacionada con el surgimiento del comportamiento experto en el campo de la motricidad se refiere al papel de las *restricciones* de la tarea y a la organización de los ambientes de la práctica (Schmidt y Lee, 2005). Desde el punto de vista de la TSD, se establece que las *restricciones* que suministramos al aprendiz dentro del ambiente de práctica son factores influyentes en la adquisición de la coordinación del



movimiento (Newell, Liu y Mayer-Kress, 2001). El modelo de los *sistemas dinámicos* integra muchas teorías, pero nos interesa especialmente el tratamiento que hace sobre el papel de las *restricciones*, que se abordará de forma más específica en los siguientes apartados.

Finalmente, desde la perspectiva de esta aproximación teórica, el cerebro, que representa el mecanismo central de procesado o mecanismo central de toma de decisiones —y ésta es una de las grandes diferencias con los modelos basados en el *procesamiento de la información*— es considerado como una parte más del conjunto de elementos interactuantes y no como la fundamental, lo que supone toda una revolución en las teorías existentes hasta este momento respecto a los estudios sobre el comportamiento motor del ser humano, asumiendo la *autoorganización* de los organismos para entender la emergencia del comportamiento. Por ello, Ruiz (1994) argumentó que las consecuencias pedagógicas de todo esto suponen que:

El profesor tiene la responsabilidad de crear los problemas ambientales particulares y adecuar las condiciones reguladoras que permitan que los sujetos mejoren sus percepciones sobre la potencialidad de las diferentes situaciones, (...). Facilitar la búsqueda de soluciones motrices autónomas, (...). Y favorecer la actividad autoorganizadora para la consecución de un objetivo particular. (p.46)

### 2.1.3 Los procesos sensoriales

Shaw y Turvey (1999) argumentaron que los sistemas informables pueden ser de dos tipos; los que son externamente informados y los auto-informados. Mientras que los sistemas físicos ordinarios son sistemas externamente informados, porque cuando actúa sobre ellos una fuerza, otra fuerza de reacción templa inmediatamente su respuesta (de conformidad con la *Ley de Newton* de acción y reacción). Sin embargo, los sistemas neurobiológicos son auto-informables, en el sentido de ser auto-motivados y auto-controlados, son capaces de una reacción retardada además de la reacción inmediata a las fuerzas externas, y además pueden modular a través de la auto-generación de fuerzas contrarias. Más aún, los sistemas de movimiento biológicos tienen disponibles *grados de libertad* adicionales que pueden ser o no utilizados para modular las fuerzas externas por medio de fuerzas internas (Araújo et al., 2006).

Las acciones (interpretadas como comportamientos dirigidos hacia una meta) al igual que las percepciones son intencionales porque su sentido y significado están en otra parte que no es su origen causal. Además: “Las acciones son formas inherentes del verdadero comportamiento de elección” (Shaw, 2001, p.283). En cada momento posterior, una persona debe seleccionar de entre todas las *affordances* disponibles (significaciones) esa particular *affordance* que considere más adecuada de ser el próximo objetivo previs-

to. Los estudios empíricos han puesto de manifiesto que la naturaleza emergente en la toma de decisiones depende de la interacción de cada sujeto, individualmente, y con las limitaciones específicas de cada contexto de actuación (Araújo et al., 2006).

Durante el acto de percibir, las manos, los oídos o los ojos de un sujeto pueden explorar las estimulaciones disponibles en un entorno, buscando en los complejos campos de energía estructurados. Estos campos del ambiente de energía estructurada son un recurso ambiental idóneo para ser explotados por personas activas (Reed, 1996).

Desde una perspectiva ecológica, Araújo et al. (2006) indican que las nociones tradicionales de representación están subordinadas a la especificación, es decir a la especificidad de la información del medio ambiente, especificidad de la percepción de la información (Turvey y Shaw, 1999). Señalan que el medio ambiente que se estructura en campos de energía está unívocamente relacionado con las propiedades ambientales, las relaciones que existen entre las propiedades medioambientales y la energía del ambiente, que dan lugar a lo que Gibson (1979) llamó *la especificación*. Así, la percepción de las propiedades ambientales se apoya en la luz en el caso de la visión, el sonido para la audición, los productos químicos en el aire o el agua para oler y la degustación y las fuerzas mecánicas durante el tacto.

Por ejemplo, el punto de partida establecido de los enfoques tradicionales sobre la percepción visual es la incapacidad de la luz para especificar los hechos del medio ambiente. Esta falta de *especificidad* significa que la luz disponible para los ojos, cualquiera que sea su diseño es intratable. Los mecanismos propuestos típicamente de memoria asociativa, de inferencia motora, conceptos y disposiciones organizativas son mediadores especiales. Sus papeles son los de proporcionar el vínculo entre el individuo y su entorno, vínculo que no se encuentra, en gran parte debido a la no especificidad asumida de las distribuciones de la luz. Como alternativa, el *enfoque ecológico* sostiene que las distribuciones de energía ambientales son necesariamente *específicas* para el medio ambiente y para los movimientos de un ejecutante en relación con el medio ambiente (Araújo et al., 2006). Así, los perceptores participan activamente en las transiciones dinámicas con sus entornos definidos funcionalmente. Gibson (1966) argumentó que en todos los casos en los que se perciben *affordances*, no importa cuán compleja sea la propiedad a ser conocida, nuestra conciencia está necesariamente enraizada en la percepción (es vista como la actividad exploratoria). De esta manera, sin las decisiones que se realizan a través de la acción, la cognición permanecería para siempre encerrada en una caja negra. Para Gibson (1966), ésta fue la mejor manera de entender cómo la percepción podría regular la acción mediante la detección de *restricciones* informativas específicas para la meta-trayectoria (Shaw y Turvey, 1999).

Por otro lado, sobre cómo trata la *teoría de la información* este aspecto, Shannon y Weaver (1949) señalaban que la información se refiere a la cantidad de incertidum-

bre que es reducida por la aparición de una señal. Por eso, la *teoría de la información* está normalmente aplicada para el estudio de la capacidad de discriminación humana, donde los procesos de información son vistos como procesos de selección que se deben hacer entre un conjunto específico de alternativas (Schmidt y Lee, 2005). Araújo et al. (2006) sostienen que para estos enfoques el conjunto de opciones debe conocerse de antemano, ya que la discriminación entre los elementos de un conjunto presupone que los elementos son perceptibles, lo que significa que la capacidad de discriminar está derivada. Señalan que la percepción de las propiedades ambientales es más fundamental que la percepción de las diferencias entre los estímulos (Turvey y Shaw, 1995). Así, como era de esperar, el saber de antemano las entidades ambientales a ser cumplidas es incompatible con la idea de que la detección de la información debe ser la base para adaptar la conducta a situaciones nuevas. La toma de decisiones requiere propiedades ambientales que, cuando se perciben, transmiten información (información que permite la percepción de algo) en lugar de la discriminación entre las cosas (Gibson, 1979), es decir, propiedades ambientales que se perciben a través de las vías modales.

Para Wade (2001), es difícil en un sentido histórico imaginar originariamente una clasificación de los sentidos que no dependan de las distinciones anatómicas y perceptivas. Tal clasificación habría precedido a otras basadas en la energía, porque las características de la percepción fueron descritas mucho antes, cuando ya había una comprensión adecuada de las fuentes de energía del medio ambiente. Estas categorías fueron reforzadas más tarde por la evidencia de la neuroanatomía y la neurofisiología; según éstas, los receptores especializados responden a las características del estímulo y estos se analizan en regiones discretas del cerebro. Un posterior análisis cortical y subcortical integró las señales de las diferentes fuentes. Pero ello no reclama negar la especificidad de los sentidos. Los ejemplos del funcionamiento binaural y estereopsis binocular “de una manera unitaria” no son sorprendentes, aunque es poco probable que sean una evidencia en contra de la separación de los sentidos. En el contexto de la neurofisiología, se debe dar relevancia a sistemas de receptores y a sus proyecciones corticales, en lugar de las funciones corticales superiores que integran señales procedentes de las áreas de proyección sensoriales. Los argumentos a favor de la percepción unitaria son más contundentes que los de un sentido unitario. Wade (2001) señaló que para apoyar los argumentos que están en contra de la separación de los sentidos es necesario desmantelar y matar el edificio sensorial construido durante los últimos 2.000 años de historia. Los argumentos en contra de la separación de los sentidos abordan tres aspectos de la función: la física del estímulo (energía), la estructura del sistema receptor (anatomía) y las respuestas a la estimulación (neurofisiología). Stoffregen y Bardy (2001) resaltan que la percepción es distinta que la sensación. Thomas Reid (1710–1796) ya hizo la distinción que Stoffregen y Bardy están tratando de sostener, que la percepción es distinta de la sensación y que la primera no implica la cognición, sin embargo, Reid (1764) no sostuvo

que haya etapas de representación en la percepción. Sobre este tema, Wade (2001) señala que en la percepción no hay un razonamiento, sino que hay ciertos medios e instrumentos que mediante la mediación de la naturaleza deben intervenir entre el objeto y nuestra percepción, y por estos, nuestras percepciones son limitadas y reguladas. En primer lugar, si el objeto no está en contacto con el órgano del sentido, debe haber algún medio que pase entre ellos. Por lo tanto, en la visión, los rayos de luz; en la audición, las vibraciones del aire; en el olfato, los efluvios del cuerpo que deben pasar desde el objeto al órgano; de lo contrario no tenemos percepción. En segundo lugar, debe haber algún tipo de acción o impresión sobre el órgano del sentido, ya sea por la aplicación inmediata del objeto o por el medio que va entre ellos. En tercer lugar, los nervios que van desde el cerebro hacia el órgano sensorial deben recibir alguna impresión (resultado de la acción sobre dicho órgano). Impresión que afecta al cerebro por medio de los nervios. En cuarto lugar, la impresión hecha en el órgano, los nervios y el cerebro que provoca una sensación. Y por último, esta sensación conduce a la percepción del objeto (Reid, 1764, pp.25–424).

Ciertamente, el análisis cortical y subcortical integran las señales de diferentes fuentes, pero esto no requiere negar la especificidad de los sentidos. Por otro lado, el sistema vestibular proporciona un ejemplo ilustrativo de la forma en que nuestra comprensión de la percepción ha ido avanzando por la especificación del sentido. Así, por ejemplo, al girar el cuerpo para inducir vértigo que da como resultado el nistagmo (movimiento involuntario e incontrolable de los ojos) posterior a la rotación y al movimiento visual aparente, las direcciones de los ojos dependen de la orientación de la cabeza durante la rotación. ¿Sería esto posible sin la especificación de un sentido vestibular separado? “Abogar por la unidad de la percepción y la acción no tiene por qué implicar la abolición de los sentidos” (Wade, 2001, p.243).

McMichael y Bingham (2001), sobre el debate de la separación funcional de los sentidos en la percepción/acción dentro de las *restricciones* en la matriz global, ya señalaron que los argumentos en relación con la matriz global de Stoffregen y Bardy (2001) y su rechazo a la existencia de la separación tradicional de los sentidos es demasiado atrevido, ya que este rechazo exige en última instancia poner en tela de juicio la realidad de las matrices energéticas separadas del ambiente y, en consecuencia, negar que la especificación pueda existir dentro de tales matrices independientes. Sin embargo, la hipótesis de la matriz global puede permanecer independiente de este rechazo y se debe hacer. Si aceptáramos que la especificación sólo es posible dentro de la matriz global, entonces la percepción / acción debería basarse exclusivamente en la matriz global. Aunque Stoffregen y Bardy (2001) no describen muchos detalles de la especificación de la matriz global o como se forma a partir de las modalidades, entendemos que debe haber varias maneras para que la *matriz global* se configure u obtenga información de las distintas modalidades. Así, se desprende por ejemplo que la exitosa locomoción guía-

da visualmente de John Hale (Cole, 1995), carecía de información propioceptiva debajo del cuello o de la exhibida capacidad de actividad por personas ciegas y sordas como supone Helen Keller. En estos casos, la estructura (matriz global) debe de crearse a partir de un subconjunto de órganos, aunque no está claro cómo el olfato, el gusto y los sistemas vestibulares pueden adquirir información sobre el diseño o la posición de la extremidad distal. Stoffregen y Bardy (2001) han descuidado incluir los efectos diferenciales de los déficits sensoriales específicos sobre la estructura de la matriz global, presumiblemente, porque rechazan la noción de sentidos separados. Sin embargo, las predicciones comprobables acerca de los efectos de la atenuación sensorial específica o ausencia en la estructura de la matriz global constituyen y son un aspecto empírico importante para esta hipótesis, en particular debido a que la pérdida temporal de determinadas modalidades es un aspecto normal de nuestra ecología natural. McMichael y Bingham (2001) se preguntaron cómo la matriz global evoluciona con el tiempo y en los cambios cuando por ejemplo, apagamos las luces antes de acostarnos ¿nos perdemos por completo la especificación de la evolución de la postura de las extremidades y la posición del cuerpo en el diseño circundante cuando se atenúan una o más modalidades? Si persiste la especificación, entonces ¿cómo hemos de entender esto sin un análisis independiente de las contribuciones de la modalidad, es decir, del sentido? Los defensores de la no separación de los sentidos como Stoffregen y Bardy utilizan cualquier base anatómica o neurofisiológica para criticar los esfuerzos que intentan delinear los defensores de sistemas sensoriales separados. Pero la ausencia de diferenciación entre los sentidos anatómicamente definidos no es lo mismo que la ausencia de la diferenciación entre los sistemas sensoriales. Para Gibson la noción de sentidos separados no fue simplemente una reliquia obsoleta aristotélica, sino una realidad de las necesidades funcionales de la conducta perceptiva. Gibson (1966) se centró en el papel de la percepción en el comportamiento como el mantenimiento de la orientación con respecto al entorno. Es decir, su funcionalidad no sólo anatómica, sino también desde la aproximación de un análisis de los sentidos como sistemas de rendimiento que se extienden por los sentidos tradicionales ya definidos anatómicamente. Gibson describió la visión y la audición como sistemas de percepción y, en su análisis, la visión se podría utilizar para lograr diferentes objetivos en diferentes tareas, por ejemplo, para ver fotos o para guiar la locomoción (McMichael y Bingham, 2001). Así, para entender como la visión se puede aplicar a tales tareas se requiere el análisis de los tipos de información disponibles a través de las matrices estructuradas correspondientes a los sentidos tradicionales. Por eso, aunque Stoffregen y Bardy rechacen el análisis de las fuentes de información específicas para los sentidos individuales, se requiere este tipo de análisis en cualquier estudio de la perturbación de la percepción / acción. Esto es extremadamente importante para Bingham y Pagano (1998), que señalaron que la mayoría de las investigaciones de la percepción requiere un estudio a través de métodos de perturbación, en el que la información, en particular con las matrices sensoriales, sea eliminada o atenuada. Estos autores sugirieron

ron que las investigaciones deben proceder mediante la observación de los cambios en el rendimiento cuando la información se elimina en comparación con un estándar de rendimiento imperturbable.

Bennett et al. (1999), en su importante artículo sobre la adquisición a través de las *restricciones*, nos hablan de la *hipótesis de la especificidad de la práctica* (por ejemplo, Proteau, 1992 y Tremblay y Proteau, 1998), y proponen la idea de que el proceso de aprendizaje tiene que ver con el desarrollo de un almacén muy específico, interno y multimodal sensoriomotor que facilita el reconocimiento y la anticipación de muchas fuentes diferentes de retroalimentación en relación con un objetivo de movimiento específico. En esencia, señalan que la práctica continua bajo un conjunto de condiciones de retroalimentación ayuda a desarrollar dicho almacén de referencia, que es altamente integrador de los comandos que activan el movimiento. El cambio de la información disponible tras la adquisición de habilidades provoca la interrupción en la comparación con el almacén multimodal y da como resultado disminuciones significativas en el rendimiento, sobre todo en función de cantidades crecientes de práctica (Proteau, Marteniuk y Lévesque, 1992). La hipótesis se ha examinado utilizando una versión del paradigma de transferencia, que implica la práctica en una condición, y luego transferir a otra condición en la que la información del estímulo pertinente se suma o se retira. Sin embargo, Bennett et al. (1999) recogen la discrepancia contra la propuesta de Proteau y colegas por parte de Whiting, Savelsbergh y Pijpers (1995) (ver revisión de Williams, Davids y Williams, 1999), particularmente por la falta de efectos cuando hay una cantidad creciente de práctica. Por ello Tremblay y Proteau (1998, p.288), en su revisión de la hipótesis para explicar dicha falta de efecto con el aumento de la práctica, señalaron que probablemente sea debido al creciente predominio de una fuente de información (por ejemplo la visión) sobre otras fuentes (como por ejemplo, la información táctil o propioceptiva), independientemente del número de ensayos de práctica que se llevara a cabo, de ahí la incapacidad en los participantes para desarrollar e integrar en el almacén de referencia a través del aumento de la práctica (Tremblay y Proteau, 1998; Proteau, Tremblay y Dejaeger, 1998). Bennett et al. (1999) concluyen que las *restricciones* informativas manipuladas visuales en niños (con edades entre 9 y 10 años) en el aprendizaje de la habilidad manual propuesta mostraron un efecto positivo en la comparación pre y postest, así como un efecto acumulativo de práctica bajo diversas *restricciones* informativas sobre la adquisición de la habilidad. Parece que los principiantes pueden ser dirigidos hacia las fuentes de información pertinentes adicionales durante la práctica, ya sea visual o no visual, y que esto facilita el montaje de una sinergia muscular funcional, con efectos beneficiosos posteriores a la adquisición de la captura de la habilidad. Un grupo que actuó como control mientras que otros dos grupos practican ya sea sin *restricciones* visuales antes de transferir a la visión completa o viceversa. Los datos indicaron que los estudiantes forzados a buscar fuentes de información adicionales bajo condiciones de

visión restringida demostraron un mayor efecto positivo y una 'acumulativa' mayor en la adquisición de una habilidad. En comparación con adultos inexpertos, los efectos de la manipulación de *restricciones* informativas sobre ellos tienden a ser bastante más inmediatos, posiblemente debido a que la dirección hacia fuentes de información adicionales para la optimización de una sinergia muscular funcional relativamente inestable se realiza con mayor rapidez (ver a Savelsbergh, 1990; Whiting et al., 1995).

### 2.1.3.1 SOBRE LAS VÍAS MODALES

#### 2.1.3.1.1 Propiocepción

Sherrington (1906) inventó el término propiocepción distinguiendo tres clases de receptores, clasificación que aún está en vigor: (a) Exteroceptores sobre la superficie exterior del cuerpo para detectar los estímulos del mundo externo. (b) Interoceptores que se encuentran en las superficies internas del cuerpo (por ejemplo, tracto gastrointestinal), cuyos estímulos son principalmente químicos. Y (c) propioceptores que residen entre las superficies externas e internas del cuerpo, en los músculos, tendones y articulaciones. Sherrington concluyó que en el laberíntico mecanismo de los propioceptores, la propiocepción incluye el sentido del movimiento a lo largo de la detección de las tensiones, fuerzas, presiones y la orientación del cuerpo en el espacio, aunque no implique movimiento de ningún tipo. Propiocepción, por lo tanto, es el término más utilizado en lugar de cinestesia en este documento, debido a su mayor generalidad. Adams (1968) nos aclara la diferencia entre cinestesia y propiocepción, matiza que la cinestesia y propiocepción se usan indistintamente, pero que técnicamente es incorrecto a pesar de que hay una considerable superposición en el significado. Señala que el término cinestesia fue inventado por Bastian (1883, p.543) y que se compuso a partir de dos palabras griegas que significan "mover" y "sensación" como términos para describir la sensación de movimiento. Bastian incluye el término cinestesia en el mecanismo laberíntico del oído interno, donde se desempeñan funciones relativas al equilibrio. Montcastle (1974) resume que el sistema propioceptivo transmite tres tipos básicos de estimulación sensorial: la ocurrencia de eventos mecánicos, la detección absoluta de un evento mecánico y la detección de la posición absoluta.

Una función importante del sistema somatosensorial es el reconocimiento de los estímulos externos tales como objetos. Con frecuencia hacemos uso de la percepción táctil para reconocer objetos en nuestra vida diaria, por ejemplo, al recuperar las llaves de nuestros bolsillos. El reconocimiento de objetos por el tacto generalmente no es un proceso pasivo (Gibson, 1962). El estímulo es típico para buscar soluciones mediante el uso de movimientos de los dedos y de la mano para construir una representación del objeto perceptual. Los resultados de los estudios psicofísicos sugieren que los movi-



mientos realizados por los dedos y la mano no son aleatorios, sino que dependen de las características de los objetos que deben ser identificados (Dijkerman y de Haan, 2007).

La textura se explora principalmente a través de la realización de movimientos laterales, entre la piel y la superficie del objeto; mientras que la dureza se determina presionando el objeto. Al identificar los objetos, las secuencias de procedimientos exploratorios que se ejecutan permiten construir una representación que se puede combinar con representaciones de objetos en la memoria (Lederman y Klatzky, 1993). El sistema visual es inherentemente espacial, mientras que el reconocimiento de objetos táctil requiere la integración de la información somatosensorial espacial a través del tiempo.

Dijkerman y de Haan (2007) señalan que el sistema somatosensorial está involucrado en muchos aspectos de nuestro comportamiento. Proporciona información acerca de la posición de las diferentes partes del cuerpo con respecto a otras. Permite la caracterización y localización del toque, caricias y dolor, y es importante para todas las acciones donde estén implicados el cuerpo y las extremidades. Además, la exploración táctil nos informa sobre las características de los objetos externos, lo que resulta una experiencia perceptual consciente del estímulo, que puede conducir al reconocimiento de los objetos. Proponen que el procesamiento relacionado con la acción ocurre principalmente en la *corteza parietal posterior* (PPC), mientras que el reconocimiento y la percepción implican a la ínsula, así como la PPC. Además, en su modelo también distinguen entre el procesamiento somatosensorial sobre el cuerpo (que ha sido tocado) y sobre los estímulos externos (por ejemplo, las características de la superficie de los objetos). Una última característica de su modelo, es la integración progresiva de diferentes características del estímulo. Así, mientras que el procesamiento temprano se daría en la *corteza parietal anterior* (APC) y se refiere principalmente a características relativamente simples, tales como la ubicación y duración del estímulo, el tratamiento posterior implica la detección de la dirección y velocidad de un objetivo en movimiento sobre la superficie del cuerpo. En las áreas de asociación más altas se combinan dichas características para proporcionar información sobre la forma de un objeto o, si procede, para integrarlo en una representación del cuerpo.

Chen, Friedman y Roe (2003) sugieren que el procesamiento neural se relaciona con el *procesamiento de la información* (por ejemplo, la percepción) en lugar de con las características del estímulo. Por lo tanto, es coherente con la idea de que el propósito es al menos tan importante cuando se habla de la base neural del procesamiento sensorial. De hecho, ciertos tipos de entradas pueden ser más importantes para ciertas tareas, ya que con la información propioceptiva se puede contribuir más a los procesos relacionados con la acción, mientras que los receptores de la piel proporcionan más información a efectos de percepción. Sin embargo, esta asignación de diferentes submodalidades somatosensoriales de ninguna manera es absoluta.



Dijkerman y de Haan (2007), con respecto al procesamiento somatosensorial para la orientación de la acción, señalan que los resultados de los estudios neuropsicológicos sugieren que los daños en zonas como la APC no suprimen necesariamente la puntería de movimientos precisos. Varios investigadores han informado de pacientes con daños en la corteza somatosensorial primaria que mostraron deficiencias graves en la percepción táctil, mientras que sus déficits motores fueron sorprendentemente leves (Brochier, Habib y Brouchon, 1994; Halligan, Hunt, Marshall y Wade, 1995; Pause, Kunesh, Binkofski y Freund, 1989; Volpe, Ledoux y Gazzaniga, 1979). En otro estudio, Volpe et al. (1979) informaron de cuatro pacientes con déficits en tacto y propiocepción después de una apoplejía, que sin embargo fueron capaces de realizar movimientos orientados espacialmente con la mano. En el estudio de Pause et al. (1989), el paciente que tenía una pérdida total de la sensibilidad y del reconocimiento táctil, con la mano lesionada, fue capaz de realizar varios actos motores, incluyendo el agarre de pinza y movimientos exploratorios. En cuanto a los objetivos de la orientación sensoriomotora en un brazo con problemas para percibirlos, Paillard, Michel y Stelmach (1983) informaron de un paciente con una lesión cortical posterior izquierda que podía indicar objetivos táctiles con su mano derecha, pero que ella era incapaz de detectar. También sugirieron que hubo sorprendentes similitudes con la falta de visión de los ciegos. Rossetti, Rode y Boisson (1995; 2001) argumentaron que su paciente mostró una disociación entre el qué (el reconocimiento de objetos) y el cómo (sistemas sensoriomotores); acuñaron el término “sentido entumecido” para este fenómeno.

La principal lección que se debe aprender según Dijkerman y de Haan (2007), es que, al igual que sucede en el sistema visual, la ejecución de una acción motora hacia un objetivo definido espacialmente no depende necesariamente de la conciencia de ese objetivo. Esta observación apoya la idea de dos vías somatosensoriales separadas, una para la acción y otra para la percepción consciente, aunque Marcel (2003) sugiere que pueden producirse interacciones entre las dos representaciones.

Feldman y Lestienne (2001) aseveran que “la percepción nunca puede ser directa” y que la información necesaria para la percepción puede estar disponible en las matrices energéticas que estimulan los órganos de los sentidos, pero de forma no directa ni adecuada para la planificación y ejecución de las acciones del organismo en el medio ambiente. La forma requerida de la información, sin pérdida de percepción adecuada, se obtiene por la representación de los estímulos sensoriales en marcos de referencia determinados por las señales de control interno que producen las acciones, independientemente del grado de proceso intra o intermodal en que se produzca la integración sensorial. Como ejemplo, para planificar y controlar los movimientos de un brazo artificial, los ingenieros robóticos utilizan sensores directamente y separados para medir las variables cinemáticas (la posición, velocidad y aceleración de los segmentos del brazo). Como si fuera a propósito, el sistema nervioso evita la medición directa de las variables cinemá-

ticas. Por ejemplo, los receptores de los ejes musculares son sensibles a los cambios en la longitud del músculo, y como tales, juegan un papel importante en la percepción de la posición de los segmentos corporales (Matthews, 1981). Sin embargo, para percibir la posición del brazo, algunos sistemas neuronales miden presumiblemente la actividad del aferente del eje con relación a su nivel de fondo ("copia del eferente"), especificado por las neuronas motoras gamma. Así, durante las contracciones isométricas del brazo, la actividad de los eferentes y aferentes aumenta en paralelo, de modo que los cambios relativos a la actividad del eje del brazo son aproximadamente cero, indicando así que el brazo está inmóvil. Pero por otro lado, durante la realización de movimientos isotónicos del brazo, la disminución de la actividad del aferente del eje (normalmente resultante por el acortamiento del músculo) es probablemente compensada por el aumento de la actividad de los eferentes gamma, de modo que la actividad del eje puede permanecer sin cambios a pesar de los cambios en la posición del brazo. Aún así, el movimiento del brazo es percibido, debido a los cambios en las señales referentes procedentes de las neuronas motoras gamma. También podrían contribuir a la cinestesia, además de los aferentes del eje y los músculos, las señales aferentes de los órganos tendinosos, los receptores articulares y los de la piel, mediadores todos en la relación con las señales del control del motor (Feldman y Latash, 1982).

Otra cuestión importante que plantean Dijkerman y de Haan, (2007) es si se utilizan diferentes representaciones del cuerpo para la guía de los movimientos, comparando juicios perceptuales y relaciones espaciales de las distintas partes del cuerpo. Varios autores sugieren que puede ser el caso. Paillard (1999) distingue entre la imagen corporal y esquema corporal; la imagen corporal se describe como la "identificación perceptiva de las características del cuerpo" en relación con una representación interna de la información sensorial y motora de origen corpóreo. Esta representación interna sería accesible a la experiencia consciente. En contraste, el esquema corporal se refiere a la localización de diferentes partes del cuerpo en un mapa sensoriomotor de espacio corporal que no es accesible a la conciencia.

La hipótesis de que el sentido de la posición implica referentes basados en la acción también se utilizó para explicar las ilusiones cinestésicas que surgen durante la vibración muscular (Feldman y Latash, 1982), así como el fenómeno del miembro fantasma en la que una extremidad continúa siendo percibida incluso después de que haya sido amputada (Feldman y Levin, 1995; Melzack, 1989). Además esta hipótesis de que la percepción se basa en las señales sensoriales representadas en un marco basado en la *acción de referencia* parece aplicable a los otros sentidos. Como por ejemplo, en la realización de una tarea cualquiera, los sujetos aún pueden elegir una postura que deseen de entre un conjunto de éstas, de una manera consistente y en consonancia con las demandas de la tarea. Así, Feldman, Levin, Mitnitski y Archambault (1998) y Lestienne, Thullier, Archambault, Levin y Feldman (2000) sugirieron que en conjunto, las señales

de control de acción que se generan pueden determinar una configuración referente del cuerpo ("imagen corporal referente"), de modo que las fuerzas externas, incluyendo gravedad, desvían el sistema desde esta configuración hasta que se recupera el equilibrio entre el músculo y las fuerzas externas en alguna configuración corporal real (Feldman y Lestienne, 2001). Y que, además esa misma *configuración referente* podría ser utilizada en la percepción de la configuración postural real para decidir si se cumple o no las demandas para las tareas. La capacidad de especificar las configuraciones referentes corporales apropiadas puede ser un mecanismo básico de acción y percepción subyacente, que se conserva aún en condiciones extremas tales como la ingravidez (Lestienne y Gurfinkel, 1988).

Repp y Su (2013) han investigado el efecto de la información sensorial en el *arrastre* para la sincronización espontánea interpersonal (entre parejas de personas al caminar), como también Zivotofsky y Hausdorff (2007) cuando mostraron que la información táctil (de la mano) conlleva a la sincronización de los pasos en alrededor del 50% de los casos estudiados, mientras que las manipulaciones de la información visual y auditiva no tuvieron un efecto significativo. En otro estudio más reciente de Zivotofsky, Gruendinger y Hausdorff (2012) la mitad de las parejas estudiadas nunca dieron sincronización, mientras que la otra mitad lo hizo en la mayoría de condiciones, destacando en la información táctil y auditiva, que parecía alentar el *arrastre*, aunque no sucedió así con la visión periférica. También se observó una frecuente coordinación espontánea (Sofianidis, Hatzitaki, Grouios, Johannsen y Wing, 2012) cuando se planteó a varias parejas de bailarines balancearse rítmicamente al ritmo de un metrónomo, con los ojos cerrados y mientras mantenían el contacto con la punta de los dedos, minimizando así el acoplamiento mecánico y observándose que fueron capaces de mejorar su coordinación a través del contacto táctil en comparación con una condición de no-contacto. Como se mencionó antes, la orientación de la acción requiere de un procesamiento sensorial diferente, que no reconocimiento, y parece que no sólo concierne al sistema sensoriomotor, sino también al sistema visual (Goodale y Milner, 1992; Jeannerod y Rossetti, 1993; Milner y Goodale, 1995), lo mismo para el sistema auditivo (Belin y Zatorre, 2000; Rauschecker, 1998). Estas similitudes en la propuesta de la organización cortical de los diferentes sistemas sensoriales pueden sugerir un *plan común* de cómo la información sensorial es procesada por el cerebro (Belin y Zatorre, 2000; Rauschecker, 1998).

Gibson (1966) definió el sistema háptico como la percepción del individuo del mundo adyacente a su cuerpo mediante el uso de su propio cuerpo. El sistema de percepción háptica es especial, porque puede incluir los receptores sensoriales ubicados en todo el cuerpo y está estrechamente relacionado con el movimiento del cuerpo, de forma que puede tener un efecto directo sobre el mundo que está percibiendo. Lobo y Travieso (2012), además señalan que el tacto dinámico o cinestésico es un subsistema del tacto que nos permite acceder a propiedades de los objetos a través de la acción, para lo cual

cuenta con la participación del esfuerzo muscular y sus consecuencias sensoriales (Jones y Lederman, 2006). Así accedemos a la longitud, el peso, la anchura, la forma o la orientación de la mano y del objeto que se maneja (Turvey, 1996). El tacto dinámico es una *unidad funcional* en sí misma formada por conjuntos de músculos y tejidos que, durante la exploración de los objetos, son sensibles a la dinámica rotacional y los movimientos, detectando invariantes físicos (Gibson, 1966; Turvey, 1996).

### 2.1.3.1.2 Vista

En cuanto a la visión, aparte de la distinción en términos de características de entrada (por ejemplo, espacio vs. visión de objetos), también se deben procesar las características no espaciales (como el tamaño) para la orientación de la mano (Sakata, Taira, Murata y Mine, 1995). Además, se ha argumentado que en pacientes con ciertas lesiones neurológicas se produjo una disociación entre el procesamiento visual relacionado con la percepción y la acción (Culham, Danckert, DeSouza, Gati, Menon y Goodale, 2003; James, Culham, Humphrey, Milner y Goodale, 2003). Milner y Goodale (1995) sugirieron que la percepción y la acción relacionadas con respuestas requieren diferentes características de procesamiento. Así, el sistema visomotor requiere información sobre la posición del objetivo en relación con el observador (que se actualiza continuamente). Como consecuencia, el procesamiento visomotor se caracteriza por una "computación" en tiempo real y una incapacidad para almacenar la entrada de algo más de unos pocos segundos. En contraste, el sistema perceptivo es capaz de reconocer objetos con independencia de su punto de vista y almacenar esta información durante largos períodos de tiempo; de esta forma, la matriz visual permite el procesamiento simultáneo de diferentes estímulos y de las características de estos, mientras que la exploración táctil de las características del estímulo se produce de una manera más secuencial (Dijkerman y de Haan, 2007).

Por otro lado, Ocelli, Spence y Zampini (2013) muestran que los individuos privados visualmente tienen que basar (o aprender a basar, en el caso de la ceguera accidental o fortuita) su experiencia del espacio en las aportaciones de los otros sentidos (por ejemplo, el oído, el tacto, etc.), que son considerados tradicionalmente como menos adecuados que la visión para la transmisión de información espacial. Sin embargo, aunque los sentidos no visuales son menos adecuados para la codificación de la información espacial, todavía proporcionan la oportunidad de adquirir una representación del espacio que no es necesariamente menos exacta que la de los videntes (Eimer, 2004; Millar, 1988; Röder, Teder-Saläjärvi, Sterr, Rösler, Hillyard y Neville, 1999). De hecho, la ceguera se ha demostrado que tiene un impacto que no es demasiado espectacular en muchas tareas que implican la exploración o navegación mental (por ejemplo, Fortin, Voss, Rainville, Lassonde y Lepore, 2006; Kerr, 1983; Kupers, Chebat, Madsen, Paulson y Ptito, 2010; Morrongiello, Timney, Humphrey, Anderson y Skory, 1995; Tinti, Adenzato, Tamietto y

Cornoldi, 2006). Además, el conocimiento numérico y lingüístico parece estar representado espacialmente en individuos ciegos, de una manera similar a la observada en individuos videntes (por ejemplo, Cohen, Voss, Lepore y Scherzer, 2010; Reich, Szwed, Cohen y Amedia, 2011; Salillas, Graná, El-Yagoubi y Semenza, 2009; Szücs y Csépe, 2005). Curiosamente se ha observado en invidentes una red neuronal dedicada al procesamiento de los atributos espaciales procedentes de la información auditiva y táctil (Bonino, Ricciardi, Sani, Gentili, Vanello, Guazzelli, . . . Pietrini, 2008; Collignon, Vandewalle, Voss, Albouy, Charbonneau, Lassonde y Lepore, 2011; Fujii, Tanabe, Kochiyama y Sadato, 2009; Renier, Anurova, De Volder, Carlson, VanMeter y Rauschecker, 2010; Weeks, Horwitz, Aziz-Sultan, Tian, Wessinger, Cohen, . . . Rauschecker, 2000). Este circuito también se activa con la visión de personas videntes durante el procesamiento de las características espaciales de los estímulos visuales (Goodale y Milner, 1992; Haxby, Grady, Horwitz, Ungerleider, Mishkin, Carson, . . . Rapoport, 1991). Por lo tanto, se sugiere que el procesamiento espacial se puede representar amodalmente a nivel neural (Chan, Wong, Ting, Whitfield-Gabrieli y Lee, 2011; Fiehler, Burke, Bien, Röder y Rösler, 2009; Fiehler, Reuschel y Rösler, 2009; Fortin, Voss, Lord, Lassonde, Pruessner, Saint-Amour, . . . Lepore, 2008; Fortin et al., 2006; Kupers et al., 2010; Wolbers, Klatzky, Loomis, Wutte y Giudice, 2011). Así, parece ser consistente la hipótesis de que los sentidos “in-tactos”, aunque por lo general considerados como menos sensibles espacialmente, pueden sin embargo todavía contribuir y posiblemente compensar la privación visual en la adquisición de habilidades cognitivas espaciales (Cattaneo, Vecchi, Cornoldi, Mammarella, Bonino, Ricciardi y Pietrini, 2008; Struiksma, Noordzij y Postma, 2009; Loomis, Klatzky, Golledge, Cicinelli, Pellegrino y Fry, 1993).

Gibson (1979) enfatizó que la información que da el medio es causante de las actividades del organismo (entendido siempre como un todo). En sus estudios sobre la visión, Gibson no consideró que ésta dependa sólo del ojo conectado al cerebro. La visión dependerá de los ojos, que están en la cabeza, que está en un cuerpo, que está sobre el suelo, y el cerebro no será más que el órgano central de todo el sistema visual. Proponiendo un nuevo método para entender la percepción, en el cual se debe describir el medio, la información posible de recibir y el proceso en sí de la percepción (Torrents Martín, 2005).

### 2.1.3.1.3 Audio

En audio, Dijkerman y de Haan (2007) mencionan a Rauschecker y Tian (2000), que propusieron un modelo importante de la arquitectura funcional del procesamiento auditivo sobre el análisis de las características del estímulo. Diferenciando dos funciones, una ruta para la identificación de personas, objetos, etc. (por ejemplo, una voz, un ruido, etc.), que llaman la vía del “qué”. Y por otro lado, la vía de la localización espacial que

denominan la vía del “donde” (o ruta de acceso). Belin y Zatorre (2000) proponen una lateralización de la función donde el sistema del hemisferio izquierdo es mejor para procesar la sintonía para la percepción del habla (sensibilidad del tiempo), mientras que el sistema del hemisferio derecho es más adecuado para la percepción de la música (sensibilidad del tono) (Zatorre, Belin y Penhune, 2002).

La vía del “qué” es comparable con la implicada en el reconocimiento de los objetos externos como en la visión, pero no es exploración activa de los objetos, como es el caso en el reconocimiento táctil de los objetos. El estado de la vía del “dónde” es más problemático, hay diferentes puntos de vista sobre su pertinencia, ya que hasta ahora hay pocas evidencias de mapas corticales organizados espacialmente del sistema auditivo, y tampoco los hay del enlace con los procesos relacionados con la acción (Dijkerman y de Haan, 2007); aunque parece que hay un sustancial apoyo a la idea de que los diferentes sistemas sensoriales corticales comparten principios generales de organización (Belin y Zatorre, 2000; Rauschecker, 1998). También hay indicios claros de un principio de organización común de la morfología, la arquitectura y las conexiones en las diferentes modalidades (por ejemplo, Pandya y Yeterian, 1990), que incluye la especialización de estas funciones y de las rutas de procesamiento separadas por las que son subservidas. Especialización necesaria, de la que también resultan claras diferencias, que dependen de la entrada (de la naturaleza de la señal sensorial) y de las características de la salida (percepción, acción) de cada modalidad en particular (Dijkerman y de Haan, 2007).

Por otro lado, Pfordresher (2008) señaló que, cuando los individuos producen largas y complejas secuencias de música o de habla, actúan simultáneamente y perciben las consecuencias de sus acciones. Dichas consecuencias auditivas y percibidas de las acciones se refieren comúnmente como la realimentación auditiva. Aunque parece ser que la producción de la *fluidez* no depende de la presencia de la retroalimentación auditiva (Finney y Palmer, 2003; Repp, 1999), ya que en la producción musical Finney (1997) encontró que la retroalimentación auditiva sincronizada cuya altura tonal de la información no estaba relacionada con la secuencia de notas planificadas no lograba interrumpir la producción. Similarmente, también sucedió así en otros estudios al eliminar la información fonética en gran parte de la retroalimentación auditiva, donde la interrupción tampoco se produjo, porque el hablante interpretó (sin relación) la realimentación retrasada como un error (Howell y Archer, 1984; Howell, Powell y Khan, 1983). Por ello, se ha sugerido que la *fluidez* de la producción depende más de la sincronización de los inicios de los eventos percibidos con las acciones que de los encuentros entre percepción y acción con respecto al *contenido*. Pfordresher (2008) comprueba cómo diferentes transformaciones en melodías que se tocan en el piano pueden interrumpir la producción según el tipo de retroalimentación alterada. El punto central de su investigación es el grado de semejanza que hay entre las transiciones de *evento* a *evento*. Así, cuando se toca música al piano (tarea que se utiliza aquí), se llaman *transiciones*

*de eventos* a aquellos que provocan cambios en la selección de la respuesta, vinculados a cambios en metas espaciales (las teclas del piano), mientras que en la percepción, las *transiciones de eventos* se refieren a los cambios en el tono de las sucesivas notas de una melodía. Sugiriendo que el efecto perturbador de las alteraciones de la retroalimentación dependerá del grado en que las *secuencias de eventos* de la retroalimentación sean más o menos similares a las *secuencias de los eventos* planeados, particularmente en aquellas en que se altera el *contenido* de la información de la retroalimentación auditiva, como, por ejemplo, en la música cuando se cambia la retroalimentación de los tonos de las notas. Además, parece ser que en secuencias de retroalimentación que contienen ejecuciones de la secuencia planificada, pero que son presentadas en un orden serial revuelto, causan niveles intermedios de perturbación (Pfordresher, 2005). Así mismo, la interrupción se produce porque la retroalimentación auditiva (alterada) añade la *activación* de *eventos* destinados a otras posiciones de secuencias distintas a la actual que, seguidamente, compiten entre sí por la *activación* (Pfordresher, 2004; 2006).

### 2.1.3.2 LA INTEGRACIÓN MULTISENSORIAL

Hablar de *integración multisensorial* es referirse a la unión de los estímulos percibidos a través de múltiples sentidos, mientras que hablar de las *interacciones intermodales* es describir la influencia directa de una modalidad de tratamiento de la señal en otra modalidad, sin integrar necesariamente la información recibida (Spence, Senkowski y Röder, 2009).

Koelewijn, Bronkhorst y Theeuwes (2010) aseveran que necesitamos la *integración multisensorial* para reconocer diferentes tipos de estímulos sensoriales como pertenecientes a un mismo objeto. Esta *integración multisensorial* ayuda a reducir el ruido dentro de nuestro sistema perceptivo mediante la combinación de información de diferentes modalidades sensoriales (Stein, Stanford, Wallace y Jiang, 2004). Por ejemplo, un sonido puede aumentar la detectabilidad de los acontecimientos visuales (Noesselt, Bergmann, Hake, Heinze y Fendrich, 2008). Las investigaciones sobre la *integración multisensorial* se han disparado en las últimas dos décadas. Así, estudios psicofísicos han demostrado incorrecta la noción de que la información sensorial se procesa dentro de cada modalidad por separado en el modo del *feedforward* (Driver y Spence, 2000). Entendiendo el *feedforward* como la alimentación hacia delante con respecto al medio ambiente, implica algún modelo predictivo de acción en el mundo, la modificación o control de un proceso utilizando sus resultados o efectos previstos. Para investigar el seguimiento visomotor de un objetivo irregularmente oscilante, Stepp (2009) pidió a los participantes en la prueba realizar un seguimiento de un cursor que se movía en una trayectoria elíptica caótica. Los participantes trasladaron un lápiz sobre una tableta y se introdujeron retrasos en la percepción visual de la posición del lápiz en la pantalla. Con retrasos de 200–400 ms, los



movimientos del lápiz de los participantes anticiparon el cursor y también lograron una buena sincronía. Esto fue considerado como un caso de “*sincronización anticipatoria*” o “*anticipación fuerte*” (Stapp y Turvey, 2010).

Koelewijn et al. (2010) resaltan la fuerza de la *integración multisensorial* señalando que una modalidad puede sesgar a otra modalidad (por ejemplo, Morein-Zamir, Soto-Faraco y Kingstone, 2003; Slutsky y Recanzone, 2001) o por el contrario mejorarla (van der Burg, Olivers, Bronkhorst y Theeuwes, 2008) o crear fuertes efectos ilusorios. De esta forma la *integración multisensorial* no sólo da lugar a un sesgo espacial o temporal, sino también a los mencionados efectos ilusorios, investigados por Shams, Kamitani y Shimojo (2000), que mostraron que, cuando un solo destello visual está acompañado por múltiples eventos auditivos cortos en forma de pitidos, el evento visual es percibido como múltiples flashes. En un estudio de seguimiento de Shams, Kamitani y Shimojo (2002) se señaló que esta ilusión sólo se produce cuando dos sonidos se presentan dentro de una ventana de tiempo de 100 milisegundos, antes o después de la aparición del flash, y que es una restricción temporal característica de la *integración multisensorial*. Todos estos estudios muestran que estas ilusiones o interacciones ocurren solamente bajo determinadas limitaciones temporales y espaciales.

Para comparar la *sincronización sensoriomotora* (SMS) entre estímulos unimodales y bimodales, Wing, Doumas y Welchman (2010) utilizan tonos y estímulos táctiles (movimientos pasivos de un dedo no ejecutando) presentados de forma individual o simultáneamente. Como ya fue predicho por un modelo de *integración multisensorial* óptimo (Ernst y Bühlhoff, 2004), la desviación estándar de las asincronías fue menor en la condición bimodal que en cualquiera de las condiciones unimodales, las cuales exhiben una variabilidad similar. Además, al añadir una fluctuación temporal auditiva en el metrónomo se produce un aumento de la variabilidad mucho más acusada en lo auditivo unimodal que en la condición bimodal, debido a que esta condición última depende en parte de los estímulos táctiles que no fueron perturbados (Repp y Su, 2013).

Koelewijn et al. (2010) señalan que el *efecto ventrílocuo* sugiere que el sistema visual es dominante sobre el sistema auditivo cuando se trata de localización espacial. Sin embargo, otros estudios demuestran que no siempre es así, de tal manera que la proximidad temporal percibida de dos eventos visuales sucesivos se ve afectada por la entrada auditiva. Morein-Zamir et al. (2003) realizaron un estudio donde los participantes ejecutaron una tarea para juzgar el orden temporal en los inicios de dos LEDs. Así, cuando un sonido se presentó antes de la primera señal LED y después de la segunda señal LED, en comparación con una condición de punto muerto en el que el sonido coincidió con las señales del LED, el rendimiento de los participantes se benefició. Dado el efecto producido, parecía como si la señal visual fuera “empujada en el tiempo” hacia la señal auditiva, por lo que se hizo más fácil aún el juicio del orden temporal de los acontecimientos visuales.



Por otro lado, el sistema de percepción parece integrar fácilmente la información de la *co-ocurrencia* de diferentes modalidades (Koelewijn et al., 2010, citando a Ernst y Bühlhoff, 2004). Sin embargo, para que la *integración multisensorial* tenga lugar, a menudo se requiere que ambos eventos se produzcan cerca tanto en el tiempo como en el espacio (Bolognini, Frassinetti, Serino y Ladavas, 2005; Frassinetti, Bolognini y Ladavas, 2002). Así, Frassinetti et al. (2002) encontraron un aumento de la sensibilidad perceptiva en la detección de la luminancia por medio del sonido, variando sistemáticamente la proximidad espacial y temporal de los acontecimientos visuales y auditivos, demostrando también que se produce mejora sólo cuando los acontecimientos visuales y auditivos *co-ocurren* en el tiempo y en el espacio. Además, se sabe que un fuerte efecto de la *integración multisensorial* se obtiene cuando la ventana de tiempo entre los inicios de los eventos auditivos y visuales es inferior a 100 milisegundos (Meredith, Nemitz y Stein, 1987).

Ceux, Montagne y Buekers (2010) manipularon la información visual mientras 17 participantes trasladaban una palanca en sincronía con un objetivo visual horizontal oscilante. Con tres posibilidades de posicionares con respecto al objeto: en fase, oposición de fase y en fuera de fase (posición intermedia). La retroalimentación visual se retrasó en diversas magnitudes, creando así un conflicto entre la retroalimentación visual y propioceptiva. El comportamiento de los participantes se deterioró en función de la cantidad absoluta de la duración del retraso. Comprobando que los efectos dependen de la modalidad de coordinación, con un mejor rendimiento cuando el objetivo y la retroalimentación de los estímulos se mueven en la misma dirección (Repp y Su, 2013).

Koelewijn et al. (2010) señalan que cuando los eventos auditivos y visuales se presentan en el mismo tiempo y lugar aproximadamente tienden a integrarse. Parece ser que la proximidad temporal es un requisito previo para la integración, mientras que para la proximidad espacial no siempre es necesario (van der Burg et al., 2008). Aunque esta integración puede dar lugar a una mayor prominencia, también hay casos en los que los estímulos individuales son menos eficaces (Santangelo y Spence, 2007).

### 2.1.3.3 INTERMODAL, MODALIDAD CRUZADA, CROSSMODAL, INTERMODALIDAD

*Intermodal, modalidad cruzada, crossmodal, intermodalidad ...* son algunos de los nombres que podemos encontrar en diferentes artículos en lengua española para referirse al modo de integración de las diferentes vías sensoriales, es decir, para referirse a las interacciones que se producen entre dos o más modalidades sensoriales. Tradicionalmente el estudio de los sistemas sensoriales se ha centrado en los procesos y en la estructura dentro de una sola modalidad, pero estudios más recientes han demostrado que los diferentes sentidos trabajan juntos y tienen una gran influencia entre sí (Dijkerman y de Haan, 2007), señalando zonas del cerebro donde parece operar el *crossmodal* como es

el colículo superior donde podría darse la organización común del procesamiento visual, auditivo y somatosensorial (May, 2005).

Razumiejczyk, Macbeth, Marmolejo-Ramos y Noguchi (2015) aseveran que el sistema cognitivo humano ha adquirido habilidades que promueven la supervivencia en entornos complejos y que incluso incluyen los aspectos culturales (Cosmides, 1989). Así, en acciones cotidianas como por ejemplo en la toma de decisiones rápidas mientras te comes una bolsa de patatas fritas al cruzar la calle. El organismo recibe y procesa entradas de diferentes canales sensoriales y se encarga de las diferentes velocidades de procesamiento del aparato biológico y cognitivo. En este ejemplo, el sistema cognitivo del sujeto procesa la información visual y gustativa de forma simultánea, tomando decisiones sobre el ritmo de las acciones, ya que el semáforo está a punto de cambiar, aún así el sistema cognitivo no se siente abrumado por la gran cantidad de información. Estas situaciones de la vida cotidiana son una evidencia de la adaptación del sistema biológico a nuestro entorno. Tal multiplicidad de información debe integrarse de alguna manera, por lo que la integración *cross-modal* se ha definido como el proceso cognitivo implicado en la realización de estas tareas (Spence y Deroy, 2013). Este recurso complejo se ha observado tanto en los seres humanos como en animales. Otro ejemplo de integración *crossmodal* es el reflejo salival, que se activa por la expectativa de comer, así como por el olor y la observación de los alimentos. El primer estudio que demuestra esto fue realizado por Pavlov con perros acondicionados para salivar al escuchar una campana que prevé el acto de comer (Rescorla, 1988). En este sentido, el concepto *crossmodal* se refiere a aquellas situaciones en las que la estimulación de una modalidad perceptual dada influye en el procesamiento de un estímulo presentado en una modalidad diferente (Spence y Deroy, 2013).

Stiles y Shimojo (2014) señalan que la "organización perceptiva" se pregunta cómo las informaciones que se reciben a través de las entradas sensoriales se organizan en una percepción integrada y estructurada, sabiendo que muchos estudios se han hecho esta pregunta sobre una sola modalidad, la cuestión aquí es hacerla a través de varias modalidades. Así, señalan que se podría reformular que la organización del *crossmodal* es aquella que nos genera una experiencia perceptiva única. Sabiendo que los estudios de las modalidades individuales han sido tradicionalmente enfocados aisladamente a cada sensación específica, sin embargo, todos los sentidos se mezclan a la perfección en una experiencia integral en nuestro entorno cotidiano. Stiles y Shimojo se preguntan ¿dónde está la línea que provoca esta segregación en cada modalidad? Por ejemplo, la visión es visual porque la información proviene de la retina, pero ¿podría ser "visión" si la información proviene de una imagen que está codificada por un sonido? Se sabe que hay estudios recientes que han mostrado evidencias del procesamiento de la información auditiva y táctil en la corteza visual (Bavelier y Neville, 2002; Cohen, Celnik, Pascual-Leone, ... 1997; Collignon, Voss, Lassonde y Lepore, 2009; Sadato, Pascual-Leone, Grafman, ... 1996). De esta manera, Stiles y Shimojo aseveran que cuando se

produce una *sustitución sensorial* se codifica una imagen desde un sonido o una estimulación táctil. Por ello, destacan las importantes implicaciones que la *sustitución sensorial* puede tener para entender tanto la plasticidad del *crossmodal* como para revelar la organización perceptiva del *crossmodal*. Apuntando además, que independientemente de la codificación específica empleada, la *sustitución sensorial* es intrínsecamente *crossmodal*, como también la información de la *transducción* (transformación de un tipo de señal en otro distinto) de una modalidad que se comunica a la corteza visual para el procesamiento por medio de la plasticidad neural generada mediante una formación o entrenamiento determinado.

Frings y Spence (2010) en su estudio de *congruencia crossmodal* entre información auditiva, visual y táctil utilizan un mismo patrón rítmico para las 3 vías, entregándolo a los participantes a través de sus ojos, oídos y manos. El objetivo es suministrar la misma información temporal a cada una de las 3 vías modales de la siguiente forma: en vibraciones pulsantes, sonidos y destellos visuales. A su vez, mientras que se proporciona el ritmo objetivo por una vía modal, simultáneamente se suministran distractores rítmicos (ritmos diferentes) a través de las otras dos vías modales. Los resultados muestran un efecto de *congruencia crossmodal* para todas las combinaciones entre auditiva, visual y táctil, aún con la presencia de los estímulos distractores. Señalando que la identificación de la identidad rítmica (en los sujetos) no fue dominada por los distractores en las otras modalidades, al menos cuando se presentaron con ritmos simples (usados en estudio). Además, se refleja el hecho de que la percepción del ritmo es generalmente más fácil dentro de la modalidad auditiva, pudiendo deberse a que la audición está íntimamente ligada al procesamiento temporal en contraste con la visión y el tacto (Kubovy, 1988). Quizás, como algunos estudios sugieren, la información temporal se codifica de forma diferente en las distintas modalidades sensoriales, además que la discriminación de las duraciones puede ser peor para la modalidad visual en cuanto a los juicios de duraciones auditivas (Grondin, Rousell, Gamache, Roy y Ouellet, 2005; Wearden, Edwards, Fakhri y Percival, 1998).

Por otro lado, Frings y Spence (2010) subrayan cómo se procesa en la integración multisensorial la *identificación del estímulo*, por ejemplo, al escuchar la voz y ver al mismo tiempo el rostro de una persona nos ayuda a identificar a ésta (von Kriegstein, Kleinschmidt, Sterzer y Geraud, 2005). Pero los dos estímulos comparten una representación abstracta (de la persona), ya que son diferentes con respecto a su *identidad*, por ello aseguran que en estos contextos las señales *multisensoriales* generalmente conducen a una mejora del rendimiento en comparación con las señales *unisensoriales*. Los resultados de Frings y Spence sugieren que cuando los estímulos (que se suministran a las distintas modalidades) tienen la misma *identidad* (como es el caso de la magnitud temporal del ritmo) los efectos de *congruencia unisensorial* son más grandes que los multisensoriales. De este modo, se deberá tener en cuenta en los estudios del *crossmodal* y también cuando se utiliza el procesamiento de un distractor *crossmodal*, ya que puede

depender del procesamiento de la *identidad* o de su *relación semántica*, influyendo también en el distractor (es decir, ayudando o dificultando) y por tanto en el tratamiento hacia la meta.

En otro estudio de la percepción del ritmo para el análisis del *crossmodal* realizado por Jokiniemi, Raisamo, Lylykangas y Surakka (2008) se muestra que la condición auditiva *unimodal* tenía la tasa más alta (79,2%) de respuestas correctas. La condición unimodal táctil (75,0%) y el estado auditivo-táctil (74,2%) presentaban valores muy similares, permaneciendo la tasa promedio en el 61,7% cuando la modalidad visual estaba involucrada. Los resultados confirmaron que las modalidades auditivas y táctiles son adecuadas para la presentación de información rítmica, siendo también las preferidas por los usuarios. Hay informaciones, sin embargo, que indican que los vínculos entre los procesamientos visual y auditivo son tal vez más fuertes entre estas modalidades que con el procesamiento táctil (Eimer, van Velzen y Driver, 2002). Los resultados del experimento de Kosonen y Raisamo (2006) revelaron que la audición domina la percepción del ritmo, situándose las modalidades táctil y visual en un papel minoritario. La modalidad táctil era sin embargo más cercana a la modalidad visual si se compara con el número de ritmos incorrectamente reproducidos, aunque hubo un claro resultado para los ritmos regulares, siendo estos más fáciles de percibir y de reproducir que los ritmos irregulares.

Se ha encontrado que los procesos del *crossmodal* pueden afectar a una variedad de tareas, como en el procesamiento perceptual temprano en una modalidad, que puede ser modulada por la entrada de otra modalidad que se procesa poco antes de o simultáneamente con la presencia del primer estímulo. Por ello, Dijkerman y de Haan (2007) se preguntan si son las influencias visuales del procesamiento somatosensorial de la acción diferentes de las interacciones visuales táctiles durante el reconocimiento de la percepción, señalando que, a nivel conductual, este tema ha recibido poca atención.

Burton, McLaren y Sinclair (2006) sobre el *crossmodal*, argumentaron que la privación visual induce a la reorganización de la corteza visual, sobre todo en regiones con fuertes propiedades ya multisensoriales, donde un cambio competitivo a las entradas no visuales se puede conseguir fácilmente con la privación visual (Sadato, Okada, Kubota y Yonekura, 2004).

### 2.1.3.4 LA OCLUSIÓN

Mace (2001), al referirse a la *oclusión*, señaló que Gibson (1950) define a ésta como la conciencia de las partes escondidas porque, por ejemplo, al no haber sensación visual puede decirse que se percibe lo escondido. La *oclusión* toma forma con el término *amodal* con Kanizsa y Gerbino (1982). Aunque Gibson, (1966) se adelantaba sugiriendo que si la información del estímulo es equivalente a través de modalidades sensoriales, como él sostenía, entonces surge un nuevo problema de la coherencia y la discrepancia de la información, ya

sea dentro de un sistema de percepción o entre sistemas perceptivos (crossmodal, supra-intermodal, amodal, la 'cooperación' de los sentidos, 'unidad' de los sentidos, etc.).

El estudio de los detalles de algo que está fuera de la vista es, por supuesto, un tema de suma importancia (para Gibson) de *oclusión*. Las condiciones ópticas para la *oclusión* son más *específicas* cuando salen fuera de la vista que en comparación de cuando salen fuera de la existencia (si se aniquilan), aunque en ambos casos se trata de la "desaparición" de la textura. Gibson señaló como información los cambios ópticos *específicos* que se producen en ambos casos (oclusión o fuera de existencia / aniquilación), es decir, los cambios serían informativos sobre algún estado del medio ambiente (de su permanencia o impermanencia) respecto a un observador / actor. Lo que es importante destacar aquí, es que se adoptó el lenguaje de la *especificidad* como un contraste de términos que supondría algún tipo de similitud o semejanza (Mace, 2001). No es una paradoja de Gibson afirmar que algo (superficies ocluidas) podría ser percibido sin estar 'presente en los sentidos' (Gibson, 1986, p.189).

Pan, Bingham y Bingham (2013) sostienen que el constructivismo se ha centrado en la percepción de los objetivos visuales (por ejemplo: su identidad, forma, tamaño, orientación) sobre la base de la información basada en imágenes estáticas, en las que los observadores son tratados como receptores pasivos de la estimulación sensorial que la utilizan para construir representaciones cognitivas de la percepción de los objetivos. En contraste, el campo ecológico se centra en la percepción de los acontecimientos y acciones utilizando la información del *flujo óptico* que se genera por movimientos en la interacción entre el observador y el medio ambiente. En este caso, la información del *flujo óptico* está contenida en el sistema del entorno del observador y de la percepción directa, sin implicar construcción mental, sólo detección y uso de la información.

Pan et al. (2013) en su estudio sobre la *oclusión progresiva*, parten de que el *flujo óptico* y la *estructura de la imagen* están intrínsecamente relacionados en la visión, debido a que el *flujo óptico* nos lleva de una "imagen" a la siguiente. Sabiendo que los estudios de percepción visual suelen centrarse ya sea en el *flujo óptico* o en la *imagen*, pero no en la combinación e interacción de estas dos fuentes de información, aunque cada una ofrezca ventajas únicas en contraste con las debilidades de la otra. Esta relación es especialmente importante en el contexto de la *oclusión progresiva*, en la que el *flujo óptico* proporciona información acerca de la localización de objetivos ocultos en la *estructura de la imagen* subsiguiente. Por ejemplo, el niño que mira a escondidas en el juego del escondite y busca experiencias del *flujo óptico* mientras observa a todos los otros niños corriendo hacia sus escondites. Esto incluye la *oclusión progresiva*, ya que los niños finalmente se han "convertido en ocultos". Sin embargo, una vez que se han ido, el niño buscador se queda con solo la *estructura de la imagen estática*, proyectada desde las superficies circundantes detrás de las cuales todos los otros niños están escondidos.

Sobre estas premisas, se efectúan cuatro experimentos a través de una pantalla en 3D en combinación de ambas fuentes, donde los flujos de información son poderosos sobre la estructura del 3D, sin embargo efímeros, porque cesan cuando se detiene el movimiento de los objetos en la pantalla. Los hallazgos encontrados apoyan (el enfoque ecológico de la percepción visual en Boston de Houghton Mifflin, 1979/1986) las ideas sobre la *oclusión* de J.J. Gibson. Porque para Gibson (1979/1986) la percepción implicaba una relación legal entre el sujeto que percibe y el medio ambiente, y por tanto una unidad de análisis que implica a la luz, lo que rodea, el tiempo y el espacio. Su análisis de la *oclusión progresiva* implicaba la estabilidad de la percepción, sosteniendo que la percepción de la *oclusión progresiva* lógicamente supuso la percepción de las cosas que se habían convertido en ocultas desde el punto de vista del observador. Pero de forma diferente a la aniquilación progresiva (desaparición / destrucción), ya que el observador continúa percibiendo la existencia de elementos que se hacen ocultos durante el evento de la *oclusión progresiva*. La percepción en estos eventos de ocultación, como tal, requiere que los elementos que se han ocultado desde el punto de vista del observador sigan siendo percibidos como ocultos, y así continuar existiendo más allá del contorno de *oclusión*, y por lo tanto detrás de la superficie de *oclusión*.

Los resultados de los experimentos de Pan et al. (2013) demuestran un efecto de gran alcance de esta combinación (*flujo óptico y estructura de imagen*) para la identificación de localizaciones de varios objetos ocultos. En estos experimentos, se demostró que, sin información de *flujo óptico*, la dirección (del objeto) no podía ser percibida, y por lo tanto la tarea de identificación de los objetivos era imposible.

En la misma línea, los resultados de Scherzer y Ekroll (2012) se suman a un creciente cuerpo de evidencias que indican un enlace ecológico íntimo entre el movimiento y la *oclusión*, siendo además explotado por el sistema visual de muchas maneras diferentes. Como por ejemplo Wallach (1935), que demostró que las señales de *oclusión* son utilizadas por el sistema visual en el cálculo de la dirección del movimiento. O el estudio de Sigman y Rock (1974), demostrando que las señales de la *oclusión* tienen capacidad para inhibir a otras. Similarmente el estudio de Ramachandran, Inada y Kiama (1986) reportaron que el movimiento arrastrado de un elemento (con objetivo de ser estático) que de repente desaparece se puede percibir si detrás un ocluidor está disponible y por el cual el objetivo estático pueda moverse. Además, el estudio de Yantis (1995) encontró que las señales de *oclusión* pueden influir en la tendencia a percibir los movimientos en grupo (en las pantallas *Ternus*).

Por otro lado, Mace (2001) añadió que la *oclusión* no tiene porque ser estudiada sólo visualmente, y muestra como ejemplo que uno puede imaginar que el sonido (al abrirse una ventana) que se oye de pronto por alguien que está en la calle, descubriendo una ruidosa fiesta, no sonaría (el ruido de dicha ventana) igual como en el comienzo de la fiesta, sino

siendo el sonido de una “ventana” que se abre en una fiesta en curso. El sonido de la ventana sería ocluido de diferente manera en función de los dos estados de la fiesta.

### 2.1.3.5 LA SINCRONIZACIÓN SENSORIOMOTORA EN LA MÚSICA

La SMS es la coordinación del movimiento rítmico con un ritmo externo que oscila desde los dedos tocando a tiempo de un metrónomo para el desempeño musical ensamblado / conjuntado (Repp, 2005). Para Repp y Su (2013) la sincronización de un movimiento con un ritmo sensorial, tal como tocar al ritmo de la música, parece ser una tarea sencilla que requiere poco esfuerzo cognitivo. Sin embargo, se requiere el acople a una maquinaria cerebral compleja de funciones distribuidas y circuitería neuronal cuyas funciones parten desde los procesos básicos de sincronización de acoplamientos sensoriomotores. Repp y Su (2013) indican que la habilidad para medir el tiempo de la entrada sensorial, mediante el procesamiento de los intervalos temporales entre los eventos auditivos o visuales sucesivos, es un requisito básico para la sincronización de un movimiento. Se han propuesto que dos sistemas funcionalmente distintos pueden estar implicados en la percepción del tiempo, y que implican redes corticales y subcorticales separadas. Por un lado la “sincronización automática” de intervalos con rango por debajo del segundo, que se cree que es subservida por el sistema motor incluyendo el cerebelo y la corteza motora primaria y secundaria, y que la frecuencia está relacionada con el tiempo del movimiento. Por otro lado, para intervalos largos, se da la “sincronización controlada” cognitivamente, que por el contrario, se considera que entabla un circuito cortical-subcortical que involucra los ganglios basales, la corteza parietal y zonas prefrontales y está sujeta a la modulación atencional (Buhusi y Meck, 2005; Lewis y Miall, 2003). Además, recientes estudios relativos a la percepción del ritmo y del compás, han arrojado luz sobre las actividades del cerebro durante la sincronización encubierta de ritmos externos. Las sincronizaciones encubiertas crean un vínculo interno entre los procesos sensoriales y motores que pueden estar implicados de manera manifiesta en la SMS (Repp y Su, 2013). En novedosos estudios de imagen del cerebro, se demuestran que los sistemas motores de los participantes se activan cuando escuchan ritmos auditivos, incluso sin ejecutar ninguna tarea motora (Bengtsson, Ullén, Ehrsson, Hashimoto, Kito, Naito, . . . Sadato, 2009; Chapin, Zanto, Jantzen, Kelso, Steinberg y Large, 2010; Chen, Penhune y Zatorre, 2008, 2009; Grahn y Brett, 2007; Grahn y McAuley, 2009). Estos hallazgos entre otros parecen indicar que puede existir un vínculo intrínseco entre los sistemas sensoriales y motores con respecto a su participación en la percepción del ritmo (Repp y Su, 2013).

Iversen y Balasubramaniam (2016) recogen los dos procesos correctivos propuestos hasta ahora para mantener la sincronización: la *corrección de fase* (en funcionamiento para reducir al mínimo la asincronía entre el estímulo y los tiempos de respuesta) y la *corrección de periodo* (que opera para reducir al mínimo el desajuste de *tempo* entre



el estímulo y la respuesta). Proponen un modelo conceptual que comprende tres partes para interactuar, y que están potencialmente anidados en arquitecturas neuronales que parecen necesarias para tener en cuenta la gama de comportamientos de temporización humana: en primer lugar, un vínculo neural entre los sistemas sensoriales y motores, obviamente necesario para la sensación de conducir movimiento sincronizado; en segundo lugar, la complejidad jerárquica de las representaciones sensoriales y motoras, necesarias para ir más allá de simples modos de sincronización de acoplamientos *sensoriomotores* más flexibles; y en tercer lugar, un vínculo recíproco de los nervios desde el motor a las regiones sensoriales, necesarios para el control de arriba hacia abajo de la percepción de la actividad motora.

Sabiendo que el cuerpo es un sistema complejo que toma la información ambiental, procesa esta información, y crea la salida del motor. Dicha salida del motor es compleja porque involucra numerosos músculos, articulaciones y todas las configuraciones que puedan combinar. En otras palabras, muchas dimensiones deben tenerse en cuenta para producir incluso una muy simple salida del motor. Con el fin de poder arrastrar un tren de estímulos, esta complejidad necesita converger en las dimensiones necesarias para producir movimiento sincronizado y controlado, teniendo en cuenta además el retraso motor y la variabilidad (Ross y Balasubramaniam, 2014). Así, el modelo *Wing-Kristofferson* enfocó este problema como un proceso que implica un cronometrador central, o un reloj que controla los intervalos de tiempo y el sistema motor periférico que implementa las señales del "cronometrador" (Wing y Kristofferson, 1973). En este enfoque, el tiempo está representado céntricamente, independiente del sistema motor. De acuerdo con este modelo y sus presunciones subyacentes, el cronometraje no se basa en la retroalimentación de los efectores y es relativamente independiente de los propios movimientos (Ross y Balasubramaniam, 2014). Sin embargo, evidencias recientes indican que las trayectorias del movimiento contribuyen a la sincronización del movimiento. La temporización del golpeteo repetitivo de los dedos se ha convertido en un método establecido para el estudio de *arrastre* motor con *grados de libertad* limitados. Esta tarea requiere precisión en el tiempo y de la estabilidad del periodo, a menudo con un metrónomo. Las trayectorias del movimiento del dedo en este paradigma demuestran la asimetría, y esta asimetría se correlaciona negativamente con la certeza de tiempo, y disminuye a mayores frecuencias del *tapping* o pulsaciones (Balasubramaniam, Wing y Daffertshofer, 2004).

Hasta ahora, el modelo de *corrección de fase* se ha discutido en el contexto de las correcciones derivadas de errores propios de la sincronización de los participantes con respecto a un intervalo fijo (o isócrono) de metrónomo. Sin embargo, también es interesante considerar el caso contrario, cuando un error de temporización es introducido por el metrónomo. Recientemente Elliott, Chua y Wing (2016) muestran en su estudio de sincronización a metrónomo, que la corrección cuando se produce por una deses-



tabilización con respecto al pulso que marca el metrónomo puede estar sujeta a otros mecanismos correctores que se activan, porque la corrección que se produce inmediatamente después de una perturbación es mucho mayor que la *ganancia* estimada en una serie en estado de equilibrio (Ross y Balasubramaniam, 2014), lo que sugiere que existe un mecanismo de corrección diferente, y que puede entrar en juego para perturbaciones repentinas cuando afectan a la fase del metrónomo.

Por otro lado, interesa el término *arrastré*, el cual es ampliamente utilizado porque se refiere al proceso de alineación entre sistemas. En el contexto de la conducta humana y la fisiología, el *arrastré* se refiere a la función de adaptación por la que voluntaria o involuntariamente se sincronizan nuestros cerebros y cuerpos con el medio ambiente. Ross y Balasubramaniam (2014) señalan que el *arrastré* a través del medio ambiente es posible con cualquier modalidad sensorial: auditiva, visual, táctil o vestibular. Como además se abarca el acoplamiento del cerebro y el del comportamiento, a este fenómeno se denomina *neuro-arrastré* o *neuroentrainment*. Un paradigma utilizado comúnmente en la investigación del *neuro-arrastré* es el estudio de la relación temporal entre el cuerpo y la estimulación rítmica en el medio ambiente (Balasubramaniam, 2006; Keller y Repp, 2008). Este acoplamiento temporal entre el cuerpo y la estimulación rítmica se ha utilizado para estudiar: (1) la variabilidad, estabilidad y adaptabilidad del *arrastré*; (2) la coordinación entre múltiples efectores y el medio ambiente; y (3) la base neural del ritmo y el cronometraje rítmico. Mientras que los dos primeros se han beneficiado en gran medida del desarrollo de modelos de *sistemas dinámicos*, este último ha tenido mucho éxito en los últimos años debido a los avances en las imágenes cerebrales. Finalmente Ross y Balasubramaniam (2014) sugieren que la sincronización no se puede describir solamente como un mecanismo de control centralizado o como una propiedad emergente de la mecánica del cuerpo y el medio ambiente. El modelo más realista para la sincronización humana debe tomar en cuenta ambos puntos de vista. Es probable que las funciones de cronometraje dependan de una red neural más distribuida cuya dinámica puede ser observada en la activación de áreas, incluyendo las cortezas sensoriomotoras, área complementaria motora, los ganglios basales y el cerebelo (Molinari, Leggio, Martin, Cerasa y Thaut, 2003).

En los últimos años, se está investigando sobre la SMS interpersonal, la cual se ha extendido a muchas otras actividades rítmicas, incluyendo el tocar, caminar, bailar, hablar, y la interpretación musical. Dos principios generales han surgido de estas investigaciones: la gente tiene una tendencia a *arrastrar* sus movimientos sobre la base de la información perceptiva que reciben, y que esa probabilidad de *arrastré* depende de la potencia de este acoplamiento de percepción, así como de la dinámica individual (*tempo* preferido) y los factores sociales. Así, el *arrastré interpersonal* se ha demostrado que afecta a las actitudes sociales posteriores, por lo general de una manera positiva, lo que apoya la idea de que las actividades sincrónicas aumentan la cohesión del grupo (Repp y Su, 2013).

## 2.1.4 El feedback

Fernández (2002) señaló sobre el *feedback* que:

El sujeto que aprende/activo debe tener en todo momento un punto de referencia sobre su propia competencia motriz y sobre su propio potencial motor (en sus aspectos cuantitativos, cualitativos, técnicos y tácticos). Por lo tanto este punto de referencia que nos suministra el *feedback* facilitará, más bien será necesario, para optimizar la competencia motriz del sujeto que aprende. (p.1)

El término proviene del inglés, pudiendo traducirse al español como “retroalimentación”, palabra clave y de gran importancia en el ámbito del aprendizaje motor. Adams (1971) indicó que suministrar información al sujeto que aprende va a mejorar su nivel de ejecución y habilidad, y de esta manera, la evaluación que de la práctica surja se va haciendo esencial para el aprendizaje de técnicas, tácticas, destrezas y habilidades deportivas o motrices.

No obstante, es preciso señalar que para cumplir un papel en el aprendizaje, el *feedback* tiene que ser relevante, no siendo efectivo porque sí o por sí solo, como afirmó Delignières (1998) al referirse al *feedback* desde la perspectiva de la TSD, señalando que el aprendizaje va a operarse a través de una competición entre dinámica intrínseca e información comportamental: la primera determinando las coordinaciones espontáneas y la segunda el patrón de aprender. Esto sugiere volver a examinar la problemática de la demostración (focalización de la atención del sujeto sobre ciertos aspectos del modelo), ya que un cierto número de investigadores han mostrado que la adición del *feedback* sobre el desempeño permite mejorar el aprendizaje (Swinnen, Lee, Verschueren, Serrien y Bogaerds, 1997). Sin embargo, Vereijken y Whiting (1990) han demostrado en una serie de trabajos que los sujetos no extraían beneficios del *feedback* cuando era relativo a aspectos no esenciales (para esa tarea) tales como la amplitud, la frecuencia o la fluidez del movimiento. Aún así, Delignières (1998) señaló que esta conclusión es todavía prematura para afirmarla, ya que el *feedback* representa una ayuda fundamental para el aprendizaje, en particular en tareas de competición, resaltando que el *feedback* debe recaer sobre las variables pertinentes, es decir, lo que él llama *variables colectivas* o *parámetros de orden*. Teniendo en cuenta a estos autores, se puede concluir que el profesor juega aquí un papel clave a la hora de seleccionar esas variables. A partir de estas consideraciones previas, los autores han diferenciado diferentes tipos de *feedback*.

Se presentan a continuación algunas de estas clasificaciones que proponen diferentes autores.

### 2.1.4.1 TIPOS DE FEEDBACK

A lo largo de los últimos años se han realizado muchos tipos de clasificaciones por parte de muchos autores que han tratado el *feedback*. Para delimitar los tipos de *feedback* se parte de la clasificación que hace Marteniuk (1976) por englobar todas ellas de una u otra manera. Este autor clasifica el *feedback* en:

- a) *extrínseco*: conocimiento de resultados al final de la ejecución de una tarea con relación al objetivo a alcanzar, aplicable en tareas discretas que no permiten la posibilidad de reajuste.
- b) *intrínseco*: conocimiento de la ejecución durante la práctica en referencia a la forma en la que está llevándose a cabo la misma, aplicándose este tipo de retroalimentación a tareas continuas susceptibles de reajuste durante la práctica y sobre la marcha.

EXTRINSECO	INTRÍNSECO
Conocimiento de resultados	Conocimiento de la ejecución
Inmediato	Continuo
Retardado	Suplementado
Analítico	Disminuido
Genérico	Analítico
Suplementado	Genérico
Disminuido	
No verbal	No verbal

No obstante, como señaló Fernández (2002), aceptando la posible idoneidad de esta clasificación, y sobre todo la validez y simplificación de ésta en dos momentos puntuales (durante / al final), se añade a la clasificación del *feedback* la polaridad que sucede en el *feedback* codificado y en el no codificado de Riera (1989).

Pérez y Caracuel (1995) añadieron que sobre las tareas donde sea muy complejo obtener información exteroceptiva y/o propioceptiva de las conductas y resultados que nuestra práctica desencadena, será imprescindible que un agente externo (humano o tecnológico) suministre adicionalmente información que complete la falta natural de ésta.

Se abordan en el siguiente subapartado los dos tipos con que Marteniuk encabezó la clasificación del *feedback* que propuso: conocimiento del resultado y de ejecución.

#### 2.1.4.2 CONOCIMIENTO DEL RESULTADO Y CONOCIMIENTO DE LA EJECUCIÓN

Zubiaur (1998), citando a Gentile (1972), sugirió dos tipos de *feedback*: *conocimiento del resultado* (CR), cuando se informa sobre el resultado externo de una acción y *conocimiento de la ejecución* cuando se informa al sujeto sobre el propio movimiento (CP). Gentile (1972) es de la opinión de que el *feedback* que hay que proporcionar al sujeto durante el aprendizaje varía en función del tipo de tarea, siguiendo la clásica clasificación de Poulton (1957) de tarea cerrada o abierta. Cuando la tarea es abierta la persona se beneficia más del CR, y del CP cuando la tarea es de tipo cerrado, ya que el medio externo permanece estable y la ejecución correcta del patrón de movimiento es lo esencial. Por el contrario, en las tareas abiertas lo fundamental es la elección de la acción correcta en el menor tiempo posible (CR).

Sin embargo, el CP puede ser igual de útil para las tareas abiertas donde muchos patrones de respuesta se repiten de una forma relativamente invariable (Newell y Walter, 1981). Zubiaur (1998) señaló la idea de que el CR es la forma de *feedback* más potente para el aprendizaje, aunque atendiendo a Adams (1971), Newell (1976) y Bilodeau (1966) se va poniendo en duda, ya que se considera que el CR tiene importancia pero no es condición *sine qua non* del aprendizaje motor (Salmoni, Schmidt y Walter, 1984).

En la mayoría de estudios sobre el CR se han utilizado tareas excesivamente simples, con un solo *grado de libertad*, como mover una palanca, girar un botón, etc., sin embargo la mayoría de las actividades que se deben aprender, que realizamos a nivel motor son mucho más complejas y requieren la coordinación de numerosos *grados de libertad* (Newell y Walter, 1981; Zubiaur, 1992; Schmidt y Young, 1991; Kernodle y Carlton, 1992). Este problema hace que los resultados de las investigaciones llevadas a cabo para estudiar el CR no se puedan generalizar a todo tipo de actividad motriz. Con tareas tan sencillas como las mencionadas, el CR resulta eficaz porque contiene suficiente información para que el sujeto mejore y sepa qué modificar en el siguiente ensayo, ya que se trata de tareas cuya ejecución depende básicamente de un sólo aspecto. Cuando la tarea tiene más dimensiones la utilidad del CR disminuye al no saber el sujeto con exactitud qué es lo que ha hecho mal y por tanto en qué debe mejorar (Zubiaur, 1998). El CR es redundante con la información intrínseca en la mayoría de los casos, para variar esto, en los experimentos se ejerció privación visual con el objetivo de evitar cualquier fuente de información externa que no fuera el CR proporcionado por el experimentador, y asegurarse así que la información contenida fuera la del CR causante de la mejora (Newell, 1976; Simonet, 1986; Schmidt, 1988; Zubiaur, 1998). Pero el problema que nos surge es que en la vida real uno practica las actividades correspondientes con visión, por ello, es posible que una tarea motriz realizada con los ojos abiertos sea totalmente

distinta a si se hace con los ojos cerrados. La cuestión fundamental de este segundo punto está en que habitualmente somos capaces de tener por nuestros propios medios y de una manera intrínseca la información sobre el resultado de nuestras acciones, no siendo necesario el CR, pues esa información no aporta nada nuevo (Schmidt y Young, 1991; Magill, Chamberlin y Hall, 1991; Cauraugh, Lidor y Glyon, 1990; Del Rey y Liu, 1990) (en Zubiaur, 1998). El CR de la acción nos informa del error cometido en relación a un objetivo externo pero no nos dice nada sobre cuál ha sido el fallo en la ejecución y cómo podemos rectificar nuestro intento siguiente (Gentile, 1972; Newell y Walter, 1981; Newell y McGinnis, 1985; Schmidt y Young, 1991), (Zubiaur, 1998). Zubiaur argumenta que una serie de autores que tradicionalmente utilizaban el CR como variable básica del aprendizaje motor, empiecen a interesarse por el CP como información posiblemente más eficaz para mejorar la adquisición de la mayoría de las habilidades motrices. Newell y Walter (1981) consideran que para tareas complejas el CR es insuficiente, siendo necesario proporcionar también CP, ya que este tipo de información sobre el movimiento en sí es más útil puesto que aporta información sobre cómo abordar el siguiente intento. El problema que se presenta cuando se trabaja con tareas más complejas está en que para realizar el movimiento entran en juego muchos *grados de libertad*. Por ello, Newell y Walter (1981) consideraron que el número de *grados de libertad* de una acción va a determinar los *feedbacks* que podemos transmitir al sujeto, entendiendo por *grados de libertad* el número de acciones conjuntas exigidas por el organismo en la coordinación de los segmentos de los miembros individuales. Por todo ello, un *feedback* de tipo prescriptivo puede ser muy adecuado para el aprendizaje, es decir aquel que no sólo describe la ejecución realizada sino que además informa de cómo corregir el movimiento, y que como señalan Newell y McGinnis (1985) al proponer que se lleve a cabo representando gráficamente la trayectoria ideal del movimiento, además después superponiendo la realizada por el sujeto para que aprecie las diferencias. Aunque posteriormente otros autores, como recoge Zubiaur (1998) han pretendido probar la eficacia del CP prescriptivo frente a otros tipos de *feedback* (CR y CP descriptivo), sin encontrar diferencias como sucede con Lanphear, Whitall, Overby, Tyler y Clark (1991). Y hallando diferencias reseñables como en el caso de Wood, Gallagher, Martino y Ross (1992), quienes demuestran los beneficios de utilizar un CP prescriptivo de tipo visual frente al CR o a un CP descriptivo verbal. Pese a que los resultados sobre el CP prescriptivo son contradictorios no se descarta su eficacia, estando la clave de su utilización en el tipo de tarea exigida y su grado de dificultad.

Respecto a si la provisión del *feedback* en la adquisición de la habilidad puede tener implicaciones en los procesos que emergen bajo *restricciones*, sigue siendo una discusión actual saber qué es más efectivo en determinadas tareas, si la *restricción* sobre

el *feedback* (privar el conocimiento del CR a través del sonido, por ejemplo) o sobre el conocimiento del movimiento (privación del conocimiento de la ejecución CP a través de la vista, la información táctil y cinestésica). Por ello, señalar que el uso del *feedback* y de las instrucciones de profesores / entrenadores como *apremios* en el aprendizaje es importante, ya que se pueden utilizar para dirigir la atención hacia las fuentes de información relevantes durante el desempeño y el aprendizaje (Araújo et al., 2004).

En este sentido, Vereijken y Whiting (1990) comprobaron que el *feedback* verbal aumentado es mucho más eficaz si era dirigido hacia *parámetros de orden*, por ejemplo, la posición relativa escalonada de los segmentos del miembro durante diversas formas de locomoción.

También se han apuntado posibles efectos beneficiosos de las instrucciones y del *feedback* en función de un foco externo de atención (énfasis en efectos del movimiento sobre el ambiente) en comparación con un foco interno (foco en el movimiento de partes o piezas específicas del cuerpo), como señalan Araújo et al. (2004) al reseñar el estudio de Wulf, Shea y Park (2001). Además, un foco externo como imagen de logro (haciendo énfasis en resultados de la tarea) proporciona mejores oportunidades de restringir la búsqueda de los principiantes para las soluciones emergentes durante la tarea del aprendizaje por descubrimiento (p. ej. vea Wulf, McNevin, Fuchs, Ritter y Toole, 2000). Parece que un foco externo de atención puede no interferir con los procesos de autoorganización de la dinámica del movimiento mientras los sujetos exploraban la tarea (Davids, Savelsbergh, Bennet y Van der Kamp, 2002). Asimismo, el *feedback* visual se puede utilizar para dirigir la búsqueda de los principiantes hacia soluciones emergentes. Al-Abood, Bennett, Hernandez, Ashford y Davids (2002) encontraron que los efectos de un foco externo de atención en la realización de un modelo condujeron a mejorar el rendimiento de la tarea en los sujetos que lo observaron con respecto cuando estos utilizaron un foco interno de los movimientos con el mismo modelo.

Por último, para cerrar este apartado, Zubiatur (1998) señala que:

Las tres formas mencionadas de investigar sobre el CP son perfectamente válidas. La elección de una metodología u otra dependerá de los medios o los objetivos del investigador, pues cada una incide en diversos aspectos del *feedback*, siendo todos ellos interesantes. Lo importante es que se avance y que se realicen más trabajos sobre este tema tan importante dentro del aprendizaje motor. (p.108)

## 2.2 EL PAPEL DE LAS RESTRICCIONES COMO VARIABLE DEL APRENDIZAJE

Las *restricciones* en el aprendizaje cobran un especial papel en el mundo de la TSD, como ya se ha señalado, al comprobar que la estabilidad de los patrones funcionales de la coordinación se pueden alterar por las *restricciones* impuestas a los ejecutantes (Araújo et al., 2004). El papel de las *restricciones* ha empezado a ser prominente en los últimos años, *restricciones* tales como la naturaleza de la información disponible para encauzar la dinámica del movimiento, la naturaleza del equipo usado para realizar la actividad y la organización estructural del ambiente de desempeño incluyendo intenciones e instrucciones para actuar (Kugler, Kelso y Turvey, 1982; Newell, 1996; Bennett et al., 1999; Araújo, 2006; Granda et al., 2006; Oppici et al., 2017; Pacheco y Newell, 2018).

Para comprender la importancia del concepto de las *restricciones*, es preciso entender la relación entre *estabilidad* y *flexibilidad* en el comportamiento de los *sistemas dinámicos* naturales; de este modo, el principiante puede ser conceptualizado como un sistema dinámico de movimiento que busca estados estables y funcionales de coordinación (*atractores*) durante una actividad dirigida hacia una meta (Handford et al., 1997).

El término *funcional* significa que un patrón de comportamiento apoye al ejecutante en la realización de una meta específica de la tarea (Newel et al., 2001). La cuestión es que la coordinación del movimiento emerge bajo *restricciones* que actúan recíprocamente y que aparejan los grados del movimiento durante el aprendizaje (Araújo et al., 2004). Por ello, el principiante tiende a buscar esos estados *estables* y *funcionales* de coordinación, los denominados *atractores*, durante una actividad dirigida hacia la meta (Handford et al., 1997).

Por otro lado, el término *perceptivo-motor* captura bien la idea de que los sistemas humanos de movimiento son muy *flexibles* y pueden adaptarse a los ambientes dinámicos porque son sensibles (abiertos) a la información que los rodea y pueden utilizar la información para planear y para organizar acciones (Araújo et al., 2004). Así, las *restricciones* actúan para presurizar el flujo del sistema dinámico del movimiento alrededor del contexto *perceptivo-motor*. Las *restricciones* internas (e.j. la organización anatómica del cuerpo) y las externas (e.j. información auditiva o visual) actúan para encauzar la aparición de los patrones funcionales del movimiento (Bernstein, 1967; Warren, 1990). Desde una perspectiva conducida por las *restricciones*, la adquisición de la habilidad se puede ver como un proceso para estabilizar un *atractor* funcionalmente apropiado para que un sistema de movimiento se pueda instalar durante la ejecución de la tarea (Mitra, Amazeen y Turvey, 1998). Newell (1996) diferenció 3 categorías distintas de *restricciones* para proporcionar un marco coherente que nos permita entender como los comportamientos motores emergen durante la ejecución (ver *Figura 5*).

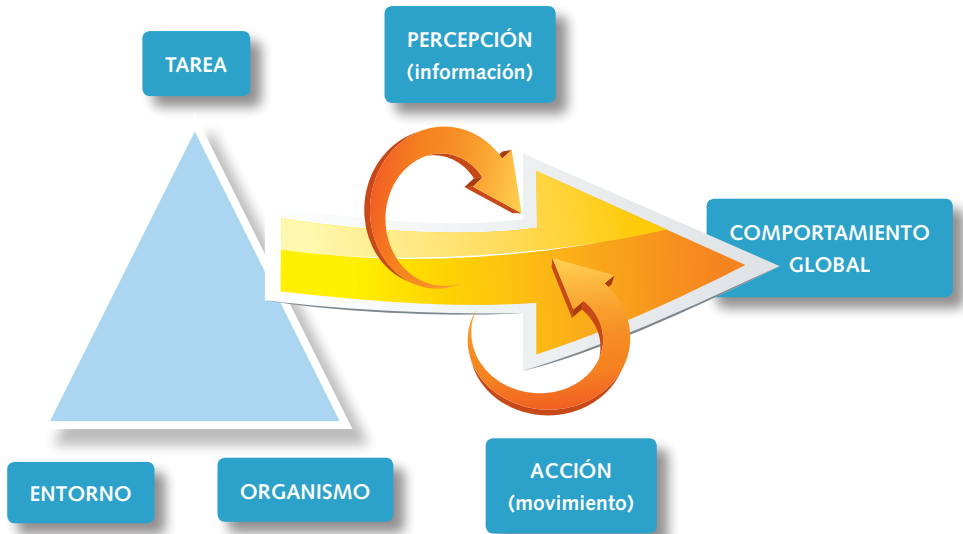


Figura 5. Newell (1996).

Araújo (2006, pp.64–65) a partir de la clasificación de las *restricciones* de Newell (1996) nos detalla las diferencias entre las orgánicas, las medioambientales y las de la tarea:

- *Las restricciones orgánicas:* se refieren a las relacionadas con las características del individuo tales como la altura, peso, composición del cuerpo y funcionales como la fuerza conectiva de sinapsis del cerebro, las cogniciones, también las motivaciones y emociones, los patrones habituales de pensamiento, los niveles de práctica que tenga o los defectos que tenga el individuo como por ejemplo una tara en su sistema visual, etc., pudiendo actuar como *restricciones* que afectan a la ejecución para conseguir una meta.
- *Las restricciones medioambientales:* muchas son de naturaleza física e incluyen energía tales como la información auditiva disponible para el ejecutante, también puede ser la luz ambiental dentro de un contexto de ejecución, la gravedad, también suele ser una *restricción* ambiental clave en la coordinación del movimiento en todas las tareas. Así mismo, algunos *apremios* ambientales que son sociales y no físicos, como los factores socio–culturales que apoyan al individuo donde se incluye el apoyo familiar, expectativas sociales, normas culturales, etc.
- *Las restricciones de la tarea:* son normalmente más específicas que las *restricciones* medioambientales e incluyen las metas, las reglas de un deporte o una tarea motriz, instrumentos o herramientas durante una actuación, marcas señales del



límite, fuentes de información aumentadas y ayudas instruccionales tales como el video. En deportes u otras acciones motrices los profesores pueden manipularlas para ayudar a los principiantes a buscar soluciones funcionales, lo que permite al sujeto cubrir las *restricciones* de la nueva tarea con el cambio de las condiciones de actuación y avanzar mediante un proceso de aprendizaje adaptable.

Así, la ruta al comportamiento experto se puede caracterizar por movimientos que son adaptables, aún resistiendo a las fuerzas ambientales que podrían perturbar la estabilidad del sistema motor. Claramente la variabilidad en el paisaje perceptivo motor refleja las *restricciones* en cada ejecutante individualmente, lo que apoya la necesidad de adoptar una perspectiva conducida por las *restricciones* en la adquisición de la habilidad (Araújo et al., 2004). Además, aparecen evidencias fisiológicas de cómo, bajo *restricciones*, otra modalidad puede ser activadora de la zona del córtex humano relacionada tradicionalmente con la modalidad restringida, como señalan Baumann, Koeneke, Meyer, Lutz y Jäncke (2005) en su estudio con 14 sujetos (7 pianistas y 7 no músicos) que son privados de la modalidad de audio. Estos sobre un panel de vidrio mueven los dedos estimulando la modalidad (motriz), comprobándose que ello da lugar a la activación de zonas del córtex de otra modalidad (en este caso auditiva), porque los movimientos que simulan tocar el piano activan conjuntamente áreas que, curiosamente, por lo general se consideran pertenecientes a la corteza auditiva secundaria.

Por otro lado, algunos autores explican la interrelación entre las *restricciones* y las *affordances* durante el proceso de aprendizaje a la hora de afrontar la realización de nuevas tareas, como por ejemplo Wu (2008), el cual plantea cómo estos conceptos afectarían al aprendizaje.

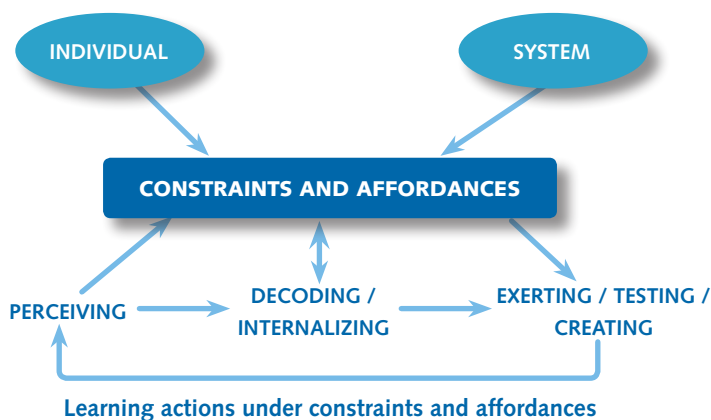


Figura 6. El aprendizaje de las acciones bajo restricciones y *affordances* de Wu (2008).

Wu (2008) recoge autores como Eccles y Wigfield (1985), que sugieren tres factores subjetivos que influyen en el individuo a la hora de afrontar una tarea: 1) el valor de logro y la importancia de tener éxito en la tarea y satisfacción por ello o el prestigio; 2) el disfrute que el sujeto pueda tener haciendo la tarea; y 3) el valor de utilidad y el papel cautivador que tenga sobre el sujeto. Wu señala que el sujeto reconoce las tareas a través del “*percibir*” y “*descifrar*” las representaciones externas, usando también el propio esquema de referencia que tenga: anteriores experiencias, los sentimientos, las expectativas, las prioridades. Así, por ejemplo, en un cambio de contexto físico donde: “Los pensamientos internos son independientes de las restricciones de los contextos físicos” (Wu, 2008, p.153) (ver *Figura 6*). El sujeto realizaría un testeo analizando dicho cambio de contexto al cual deberá adaptarse para realizar la tarea. El cambio lleva aparejadas *restricciones*, éstas, a su vez, cambios en las *affordances* y donde éstas pueden ser afectadas de forma negativa o positiva, dependiendo de los 3 tipos citados anteriormente sobre la forma de afrontar la tarea, provocando todo ello como resultado una *affordance positiva o negativa* en función de cómo afecte al individuo la nueva situación (cambio contexto).

### 2.2.1 El papel de los profesores en la manipulación de las restricciones

Los profesores, por lo general, han tenido tradicionalmente como objetivo la generación de una base amplia de experiencias motrices variadas, que permiten mayor transferencia hacia aprendizajes más complejos. La consideración de los factores diferentes que se pueden manejar para elaborar una amplia variabilidad de prácticas en cada clase o tipo de acciones puede ser de gran ayuda, como por ejemplo Schmidt, Adams y otros tantos lo han señalado en sus numerosos artículos sobre el *procesamiento de la información*, aunque la utilización de las *restricciones* también podría ayudar a mejorar la adquisición motriz en muchos casos.

Vereijken y Bongaardt (1999) señalaron que las preocupaciones principales de los educadores en las enseñanzas físicas / motrices son ayudar a los estudiantes a desarrollar, cambiar y optimizar patrones de comportamiento motor, influyendo múltiples factores como la motivación, el *feedback*, la capacidad percibida y el estilo de enseñanza. Se puede añadir a la misión del profesor, el afianzar en los sujetos la capacidad de autoevaluarse o de ir dominando el *feedback* de su acción, tanto si se trata de ejecución como de resultados (Fernández, 2002).

Se suma a todo ello lo señalado por Whiting, Vogt y Vereijken (1992) sobre la importancia de la *exploración* y de que el aprendizaje sea una búsqueda continua para resolver un problema motor, solución que se alcanza repitiendo sin repetición, es decir, los sujetos no repiten los movimientos sino en su lugar repiten los intentos para solucio-

nar el problema motor de manera que se refinan de una ocasión a otra ocasión. Con este fin, se necesita estructurar la situación del aprendizaje de manera que permita al principiante explorar y volver a explorar los eventuales *grados de libertad* relevantes. Esto implica que, si los *apremios* son impuestos por un profesor, deben aplicarse al ambiente más que al principiante. Por ejemplo, si a un niño, para enseñarle a montar en bicicleta, se le quisiera restringir el entorno de aprendizaje (el ambiente), se le deberían colocar dos ruedas pequeñas a los lados de la misma durante la práctica. Este es un ejemplo del papel que un profesor podría tener utilizando la *restricción* para conseguir una meta satisfactoria en el aprendizaje motor (Vereijken y Bongaardt, 1999).

Además, al papel del profesor se le añade el deber de focalizar sus esfuerzos en la localización de los *grados de libertad* para mejorar el desempeño. Podría ayudar a un principiante en esa etapa la reducción de los *grados de libertad*, no empobreciendo el ambiente, sino estructurando el ambiente y precisando las fuentes relevantes de la información. El principiante irá controlando más y más *grados de libertad*, permitiendo el cambio de los patrones de movimiento. En esta etapa, en particular, el principiante se debe beneficiar de la exploración, con espacios y tiempos amplios; también al principiante se le puede estructurar su ambiente, si confía el profesor en él. También es importante suministrar fuentes de información sofisticadas para que el principiante las utilice posteriormente (Vereijken y Bongaardt, 1999).

En cuanto a cómo actuar sobre las *restricciones*, Newell (1996) señaló que los profesores deben de considerar las tres direcciones ya mencionadas para la organización de la práctica y de sus intervenciones; a) *restricciones* ambientales, b) *restricciones* al ejecutante y c) cambiar las *restricciones* en la tarea. Sobre ésta última, que es la que afecta al presente trabajo, Araújo et al. (2004) nos indican cómo el profesor podría actuar en este tercer tipo que señaló Newell. Así, respecto a la *restricción de la tarea* (cambiar los *apremios* de la tarea), Araújo et al. (2004) nos muestran que la tarea se puede presentar de forma que al sujeto se le permita la exploración del comportamiento inesperado, de manera que la manipulación de los *apremios* de la tarea pueda dirigir al proceso de búsqueda. Estas manipulaciones podrían relacionarse con las reglas, los *apremios* espaciales y temporales; las instrucciones, las metas, las estrategias para terminar la tarea, etc. Araújo (2006, pp.65–66) incide en que las *restricciones* o limitaciones de la tarea normalmente son más específicas que las del ambiente o del ejecutante, señalando que esta categoría es construida por tres tipos de componentes: 1) los objetivos, 2) las reglas de la tarea, deporte o condiciones específicas para realizar un ejercicio, 3) los utensilios y equipos usados durante una actividad, campos y respectivas marcas, instrumentos, etc.

Teniendo en cuenta que estos tres tipos de componentes están siempre presentes, una alteración en cualquiera de ellos proporcionaría resultados distintos, de modo que: a) Los objetivos de la tarea son los propios de la tarea a realizar. b) Las reglas de la tarea son

las relativas a las condiciones en que dicha tarea se puede lograr, como por ejemplo, en el caso de un juego de pelota: el espacio y el tiempo disponible para la acción; el número de sujetos que participan, su disposición, tipos de acciones permitidas, etc. En el caso de una tarea musical: el *tempo* de la pieza musical (velocidad de ejecución) si es individual o grupal; el tipo de melodía (grados conjuntos o intervalos más o menos grandes) si la partitura está en clave de Sol o no; la duración de la misma, el ritmo (binario o ternario), etc. c) Los utensilios y aparatos necesarios para la realización de la tarea; aspectos sin los cuales la tarea no podría ser realizada, por ejemplo: en el juego del tenis, la necesidad de una raqueta y una bola; en la música, el instrumento, la partitura, el atril, etc. Pudiendo modificarse el tamaño o forma de los mismos. En resumen, lo que McGarry, O'Donoghue y Sampaio (2013) definen como el importante reto inherente al diseño para el desarrollo de las limitaciones de las tareas específicas.

No obstante, Araújo (2006, pp.65–66) señaló que los movimientos del practicante pueden variar, incluso dentro de actividades aparentemente muy consistentes, tales como saltar o correr para el salto de longitud, debido todo a que las *restricciones* de la tarea difieren en cada intento. En música, como tarea motriz que es, sucede lo mismo, ya que nunca una pieza o fragmento es ejecutado exactamente igual dos veces. Araújo (2006) añade que, tal vez, las *restricciones* de la tarea más importantes a considerar son las que contienen información disponible de los contextos específicos del desempeño que los sujetos pueden utilizar para sus acciones. Ya que se ha argumentado que los organismos biológicos como los humanos están rodeados por un vasto conjunto de fuentes de información (óptica, acústica, cinestésica, etc.) que apoyan el comportamiento motor; incluyendo la toma de decisiones, el planteamiento y la organización de actividades orientadas a objetivos. Como ejemplo, las *restricciones* de información dirigidas a guiar de forma continua las acciones de un sujeto a medida que avanza en la ejecución de una tarea. De este modo, la estructura de la energía de las áreas circundantes lleva la información específica al practicante según el contexto, la cual está disponible para ser percibida directamente. Por ejemplo, la luz que llega a los ojos de un practicante de una actividad después de ser reflejada por las superficies (suelo, paredes) y objetos que se mueven o no en un entorno complejo y dinámico, como es el caso de una tarea deportiva, musical, etc. De esta forma, el movimiento origina cambios en los flujos de energía y proporciona información específica de las propiedades dinámicas del contexto a los órganos. Kugler y Turvey (1987) argumentan que el movimiento genera información y que a su vez éste genera nuevos movimientos, llevando unas relaciones directas y cíclicas entre la percepción y el movimiento. Esta posición fue asumida porque se reconoció que los seres humanos deben percibir a fin de avanzar, pero también tienen que moverse con el fin de avanzar. Según la psicología ecológica, el uso de la información para apoyar el movimiento requiere una *ley de control* que se relacione continuamente entre el estado del individuo y el estado del contexto, es decir, una *ley de control* que relacione

la propiedad cinética del movimiento con la propiedad cinemática del flujo perceptual (Araújo, 2006, p.66).

Señalar también, que íntimamente relacionado con este proceso de manipulación de las *restricciones* como medio para utilizar por los profesores está el concepto de *estado de atracción* y *atractores*. Ruiz y Arruza (2002) señalan que para ello, el profesor debe tener en cuenta los *estados de atracción*, ya que son estados preferidos de conducta. Pensemos que los estudiantes que se empeñan en repetir y repetir un tipo de secuencia motriz, encuentran placer en ella y no desean cambiar su situación. Cuando el sujeto es perturbado para sacarle de dicho *estado de atracción*, tiende a querer volver a dicho estado. Esto ofrece una nueva perspectiva para la interpretación del proceso de adquisición y resurgimiento de ciertos patrones de comportamiento en el aprendizaje motor, porque nos indica que la estabilidad de un *atractor* está muy relacionada con la historia perceptivo-motriz de los sujetos, con la situación actual del aprendiz y con la tarea y el contexto en el que debe aprenderla. Por todo ello, es labor del profesor establecer las condiciones de práctica y contexto necesarias para que favorezcan el deseo de buscar inestabilidades para alcanzar nuevas estabilidades, de explorar el paisaje del propio aprendizaje con sus valles y colinas, donde juegan un papel muy relevante lo que los dinamicistas denominan *variables colectivas*.

Clemente, Couceiro, Martins, Dias y Mendes (2012) concluyen que las *restricciones* impuestas en la instrucción de tareas han demostrado ser importantes para influir en los aprendices dentro en un determinado contexto, afirmando que, en su caso, las instrucciones proporcionadas por el entrenador son *restricciones* que influyen en el rendimiento de los individuos.

## 2.3 PROCESOS DE APRENDIZAJE DE LA INTERPRETACIÓN DE LA FLAUTA DULCE

Nichols, Hanson, Deahling y Hofmann (1971) recogen el estudio de Nichols y Hansen de 1967 que investigó la naturaleza de los mecanismos fisiológicos para el control de la producción del sonido en instrumentos de viento. Sabiendo que previamente no había disponible ninguna explicación precisa acerca de la correlación de los movimientos de la laringe, del diafragma, la faringe, la lengua, el paladar blando y los labios, aunque sí se sabe que cuatro puntos de control básicos podrían producir individualmente o en combinación las variaciones en la presión de la columna de aire dentro del cuerpo y detrás de los labios y de la boquilla:

- El sistema muscular de la pared torácica y la pared abdominal puede relajarse y por lo tanto reducir la presión e interrumpir la producción de sonido.

- Los músculos de la laringe se colocan anatómicamente en un punto que puedan controlar la presurización de la columna a pocos centímetros detrás del lugar donde la presión del aire ejerce su efecto finito en las piezas bucales y los labios.
- Los músculos de la orofaringe de la parte posterior de la boca pueden interrumpir la columna de aire.
- La lengua puede empujar a los labios, obstruyendo así la columna de aire inmediatamente detrás de los labios.

En trompeta, flauta y seguramente en la mayoría de instrumentos de viento, un aumento del volumen de la presión del aire no conduce necesariamente a un aumento del volumen de la producción de sonido, sino más bien, a través de las variaciones de presión precisas y correlaciones entre las cuerdas vocales y la región de la boca (Nichols et al., 1971).

Los métodos para aprender flauta de pico tradicionalmente se centran básicamente en usar melodías y/o ejercicios para conseguir un nivel instrumental musical determinado, promoviendo la técnica para conseguir un efecto como golpe de lengua, "*ports-de-voix*", "*accents*", dobles cadencias, vibrato, articulaciones, etc. Estas melodías pueden ser compuestas por el mismo autor del método (a veces terminan haciéndose más populares que el propio método) o bien tomando melodías folclóricas, populares o de compositores clásicos, con el objetivo de conseguir conformar una aprendizaje progresivo, donde se abarque al final cierto número de técnicas. En el principio del método, suele haber indicaciones referentes a posición y numeración de los dedos que se deben pulsar para cada agujero, también pueden aparecer indicaciones de cómo colocar la boca en el bisel o como se tiene que producir el soplado, entre otras.

Aunque los métodos por lo general adolecen de no recoger técnicas de estudio relacionadas con las teorías motoras que posibiliten al estudiante una comprensión en profundidad de la tarea motora a acometer como señala Sidnell (1986) y Narejos (2000a), indudablemente no vamos a negar que atesoran el valioso legado secular de la técnica flautística y que, como señaló Pérez Prieto (1999), no es un instrumento de técnica simple o reciente, ya que cuenta con una de las más antiguas tradiciones de que se tiene referencias escritas, desde principios del siglo XVI, y que recogen todo el saber anterior hasta entonces transmitido oralmente.

Desde aquellas fechas tan tempranas, los recursos técnicos no han dejado de desarrollarse tanto en el ámbito profesional como en el de los músicos aficionados, para los que se escribieron los principales tratados de autores históricos renacentistas y barrocos. Como instrumento profesional, actualmente dispone de una técnica depurada que le

permite acometer los retos de la música contemporánea, clásica, popular, etc. (Pérez Prieto, 1999).

El instrumento musical comporta tres elementos según Schaeffer (1988): el *vibrador* (el bisel, en el caso de la flauta dulce), el *excitador* (el soplo, que provoca una excitación mantenida) y el *resonador* (la columna de aire del interior del tubo). Actualmente la flauta dulce suele dividirse en dos o tres partes, llamadas *cabeza*, *cuerpo* y *pie*. Los elementos más importantes que componen la cabeza son: el *canal* (entrada del aire), el *bloque* (madera inferior del canal), el *bisel* (ventana inclinada que bifurca el aire) y en las flautas más largas, el *tudel*. En el cuerpo de la flauta dulce encontramos los *agujeros* y *llaves*, al igual que en el pie.

Respecto al fenómeno de la formación del sonido en la flauta, la explicación más aceptada es la expuesta por Maideu (1995): la corriente de aire soplada choca contra la arista del bisel del instrumento y se bifurca; una parte sale al exterior y el resto se arremolina dentro del tubo entrechocando con las paredes; cada remolino es un impulso que se comunica a la columna de aire del interior del tubo y se amplifica, haciéndola vibrar a ella y por consiguiente al tubo mismo. Como la corriente es continua, la frecuencia se mantiene y los impulsos se suceden con persistencia, consiguiendo así un sonido entonado y estable. Su estructura tubular actuaría como resonador, cuya frecuencia de resonancia se controlaría abriendo o cerrando los distintos agujeros. En cuanto al soplado, como señala en una frase muy significativa Minguet (1754): "(...) le darás viento sin más fatiga que el respirar normalmente (...)" (p.116). Refiriéndose con ello a que el soplado de la flauta dulce se deberá realizar de forma natural, evitando todo tipo de esfuerzo suplementario. Puig Ortiz (2006) sobre su estudio del bisel y del tubo la flauta dulce contralto, señaló que los métodos de descripción de la columna de aire parten de las ecuaciones de la acústica, y por tanto están planteados para las variaciones de la presión y de la velocidad; dicha columna de aire se relaciona con la frecuencia del sonido, cuya cantidad de presión / velocidad del aire que se aplica en el soplado se suele realizar de manera intuitiva cuando se hace sonar normalmente la flauta dulce.

### 2.3.1 Técnica de la flauta dulce

Pérez Prieto (1999) nos mostró las pautas más asumidas y usadas en cuanto a la técnica más aceptada por todos los especialistas, en relación con la posición del cuerpo, brazos, manos y dedos, labios, etc.; es decir, la relación entre el instrumento y la expresión corporal necesaria para la interpretación musical a través de él.

### POSICIÓN DEL CUERPO Y BRAZOS

La posición del cuerpo ha de ser lo más natural y relajada posible. Podemos tocar sentados o de pie, en cada caso habrá que tener en cuenta algunas pautas. Sentados: habrá que hacerlo en la parte delantera de la silla para no poner trabas a la respiración y a la emisión del sonido; la espalda recta, no encorvada, por salud postural; hombros, cabeza y cuello relajados; codos en su posición natural, ni demasiado despegados del cuerpo ni demasiado pegados; no se deben cruzar las piernas porque dificultaríamos la respiración y la emisión del sonido; tampoco deben estar ni demasiado abiertas ni demasiado cerradas, en una posición natural. De pie: el cuerpo debe buscar una posición cómoda, para ello lo mejor es abrir los pies lo suficiente como para proporcionar una buena base de apoyo que reparta el peso del cuerpo equilibradamente; tampoco debemos curvar la espalda, elevar los hombros innecesariamente o bajar la cabeza; en este sentido, como medida, el eje de la flauta y el del cuerpo deben formar un ángulo de alrededor de 45 grados. Los brazos, igual que antes, ni demasiado despegados ni demasiado pegados al cuerpo.

### MANOS

Si hemos colocado los brazos respecto al cuerpo en la posición mencionada anteriormente, las muñecas han de quedar rectas, sin doblarlas hacia fuera o hacia abajo. La mano derecha se colocará en la parte inferior de la flauta y la izquierda en la superior. Para facilitar las explicaciones técnicas, numeraremos los agujeros de la flauta y los relacionaremos con los dedos correspondientes.

<b>Mano izquierda:</b>	<i>Dedo pulgar (0) .....</i>	<i>Agujero 0</i>
	<i>Dedo índice (1) .....</i>	<i>Agujero 1</i>
	<i>Dedo medio (2).....</i>	<i>Agujero 2</i>
	<i>Dedo anular (3).....</i>	<i>Agujero 3</i>
<b>Mano derecha:</b>	<i>Dedo índice (4).....</i>	<i>Agujero 4</i>
	<i>Dedo medio (5).....</i>	<i>Agujero 5</i>
	<i>Dedo anular (6).....</i>	<i>Agujero(s) 6</i>
	<i>Dedo meñique (7).....</i>	<i>Agujero(s) 7</i>

Esta distribución de los dedos se denomina digitación alemana, es la más acorde para la iniciación y para principiantes de la flauta dulce.



## MANO DERECHA

Los dedos 4, 5, 6 y 7 deben ir a sus respectivos agujeros, tapándolos con el centro de la yema. El pulgar debe colocarse debajo y entre los dedos 4 y 5, buscando en ese espacio el lugar donde la flauta se apoye con más equilibrio. El pulgar es un punto de apoyo esencial para el equilibrio de la flauta; ésta debe descansar en el medio de la última falange, no en la punta del dedo. Toda la posición debe ser cómoda y natural, sin tensiones. Los dedos que más apoyo y equilibrio dan al instrumento son, sobre todo, el 4, el 7 y el pulgar. Algunos flautistas aconsejan el apoyo suplementario que puede proporcionar el dedo 5 sobre su agujero y en algunas notas, sin embargo no es recomendable porque modifica la afinación. Otros proponen colocar el meñique derecho entre los agujeros 6 y 7, técnica que no modifica la afinación pero compromete la movilidad de ese dedo al alejarlo de su posición habitual. Tampoco es aconsejable instalar en la parte posterior de la flauta soportes para el pulgar porque lo inmovilizan en exceso y generan tensión en la sujeción del instrumento.

## MANO IZQUIERDA

Los dedos 1, 2 y 3 van a sus agujeros. El pulgar cubre el agujero 0, no con el centro de la yema como los demás dedos, sino con la parte superior derecha, que coincide, si miramos el dedo por delante, con el ángulo superior izquierdo de la uña. El pulgar izquierdo, a diferencia del derecho, no debe ser un soporte de la flauta, debe estar libre, sin doblarse debajo; su posición ideal es prácticamente recta y oblicua con respecto al instrumento, distendido y suelto para poder actuar con eficacia sobre 0. El dedo meñique debe estar libre, distendido y despegado de la flauta; si lo pegamos o, peor aún, lo colocamos debajo pretendiendo sujetar, desestabilizaremos la mano izquierda.

## LABIOS

La flauta debe descansar sobre el labio inferior, que es el otro gran punto de apoyo. Para impedir fugas de aire entre los labios, el superior no debe estar relajado completamente. Ambos, en general, no deben tensarse ni relajarse en extremo, sólo recoger la flauta con naturalidad. Resumiendo, el peso de la flauta se reparte entre el pulgar derecho y el labio inferior con el fin de que los demás dedos puedan moverse con libertad.

## PRODUCCIÓN DEL SONIDO

Se realiza con la respiración, entendida como la provisión de aire y su distribución, y con los mecanismos que intervienen en la emisión del sonido y con la digitación, que nos permite reproducir una gran variedad de sonidos.

### RESPIRACIÓN

La respiración debe hacerse por la boca y en tres fases en sucesión más o menos rápida: *Inspiración*, *Contención* y *Espiración*.

- *Inspiración*: conviene llenar la parte media y baja de los pulmones con la ayuda de los músculos respiratorios (abdominales, intercostales y diafragma). La inspiración puede ser completa, si llenamos los pulmones en toda su capacidad, o parcial, si sólo tomamos lo necesario para interpretar una frase musical. La completa no se emplea tanto como parece, en primer lugar porque es menos cómoda para la emisión del sonido, debido a la mayor presión que ejerce el aire inspirado sobre la embocadura y, en segundo lugar, porque la articulación (forma en que las notas se unen entre sí) del discurso musical suele hacerse, en general, mediante frases no muy largas que, además de permitir la respiración en las cesuras, la favorecen desde el punto de vista de la expresión musical. En principio, la longitud de la frase determinará la cantidad de aire a tomar; esta capacidad se desarrolla y automatiza con la práctica. El tiempo de la inspiración puede ser más largo o más corto, en función del tempo de la pieza y de la pausa entre los sonidos.
- *Contención*: los músculos respiratorios, sin necesidad de intervención de la garganta, deben poder contener el aire a nuestra voluntad. Esta es la fase más breve de la respiración, pero sirve de toma de conciencia del sonido o sonidos que vamos a emitir después.
- *Espiración*: controlada por la acción de los músculos respiratorios. El flujo de aire debe nacer de una presión ligera y continua de los mismos y adaptarse a la longitud y expresión de la frase. En realidad, no se necesita una gran presión de aire, debido a las características de la embocadura del instrumento, que por ser de bisel no ofrece resistencia al soplo como en el caso de los de lengüeta o de boquilla; tampoco se requiere una gran cantidad, porque el sonido subiría en entonación; podemos decir que, en realidad, lo que conviene es, más que un soplo, un aliento, como el que empleamos para empañar un cristal. No se debe agotar todo el aire inspirado, hay que detener la espiración dejando una pequeña reserva que permita mantener la presión de la columna de aire hasta el final del sonido para que no baje su entonación. Cuando se ha inspirado más aire del necesario o no se puede controlar su presión, es frecuente expulsarlo por la nariz o por los labios entreabiertos; de esta manera se forma una especie de "válvula" de alivio, que en realidad es más perjudicial que beneficiosa para la interpretación, ya que descontrola la presión de la columna de aire y hace que éste se agote rápidamente. Es mejor adecuar la cantidad de aire inspirado a las necesidades de la interpretación y mantenerlo bajo control mediante los

músculos respiratorios. Otro error frecuente es expulsar el aire mediante la presión del diafragma, como en el canto o en la técnica de otros instrumentos de viento; esto provoca que el aire se agote antes y salga con una presión mayor de lo necesario, estropeando la calidad del sonido y haciendo que tienda a subir en entonación. El aire debe expulsarse con una presión ligera, pero continua, de todos los músculos que intervienen en la respiración pero, fundamentalmente, de los abdominales e intercostales.

## EMISIÓN DEL SONIDO

En primer lugar, la laringe debe estar relajada; el conducto formado por el paladar y la lengua llevará el aire insuflado hasta el canal de la flauta, rozando al pasar los incisivos superiores y el labio superior; el control del flujo de aire se hará, como ya hemos dicho, mediante los músculos respiratorios. La mandíbula inferior no debe descolgarse demasiado, porque la lengua quedaría muy baja e influiría en la calidad del sonido, la afinación y la articulación; sólo debe abrirse lo justo para alojar con naturalidad la embocadura de la flauta entre los labios. Es necesario controlar el volumen, la presión del aire y la colocación de la resonancia del sonido. El volumen de aire se controla por medio de los músculos respiratorios. La presión en la laringe y el conducto formado por la lengua y el paladar. La resonancia, en los llamados resonadores craneales. Dejamos pasar menos aire a más presión y colocamos el sonido "delante" (sensación de sonido nacido en la cara), o más aire a menos presión y colocamos el sonido "atrás" (sensación de sonido nacido en la cavidad bucal). Esta compensación volumen–presión–colocación del aire es necesaria para equilibrar la afinación y la dinámica fuerte–débil dentro de las posibilidades que permite la flauta de pico. Aplicaciones:

- Los sonidos fuertes llevan más volumen de aire a menos presión y colocación del sonido atrás. Los sonidos débiles, menos volumen a más presión y colocación del sonido delante.
- Las notas graves requieren más volumen a menos presión y colocación del sonido atrás; a medida que subimos hacia las notas agudas emplearemos menos volumen, más presión y colocación delante.

## AFINACIÓN

La afinación de los sonidos emitidos por una flauta dulce requiere la actuación conjunta de al menos tres elementos: buen instrumento, buen oído del intérprete y buen control de los mecanismos de la respiración-emisión y de la digitación. El primer elemento es una cuestión que depende de nosotros sólo en la medida en que hagamos una buena compra y conservemos la flauta en buen estado. El desembolso no tiene que ser nece-

sariamente excesivo, sólo acertado. Marcas de gran prestigio en el ámbito de la flauta profesional han construido modelos escolares (*Mollenhauer, Stanesby, Moeck, Yamaha, Choroí, Kunath*); son flautas de calidad sonora aceptable, afinadas y, en algunos casos como Mollenhauer, con diseños atractivos para niños y adolescentes; en general, en estas series se apuesta por materiales resistentes como resinas o maderas de calidad media. El segundo elemento, buen oído del intérprete, es algo que debemos educar antes de emprender la interpretación con este instrumento. Es necesario que los sonidos que vamos a reproducir y que por las características del instrumento pueden emitirse más graves o más agudos con relación a su justa entonación estén claros en nuestro oído interno para ajustar lo reproducido a lo interiorizado. Por lo tanto, es necesaria una formación auditiva y vocal previa al uso de la flauta, realizada, al menos, sobre las obras que se van a interpretar. A partir de aquí, será el control de los mecanismos de volumen-colocación del sonido los que contribuirán a acomodar los sonidos emitidos a la afinación que buscamos; también contribuye al control de la afinación la digitación que empleemos. Detalles a tener en cuenta: la afinación del instrumento debe empezarse a comprobarse después de tocar unos minutos, cuando la flauta haya adquirido una temperatura adecuada que no influya en la altura del sonido. Las flautas pueden bajarse un poco abriendo las juntas. Cuando toquemos varias flautas o instrumentos, se debe afinar por el más grave. Es recomendable que en un grupo de primaria o secundaria se empleen flautas de la misma marca, y a ser posible de prestigio, para eliminar problemas de base en la afinación.

Los resultados del estudio sonoro de flauta dulce de Hattori, Sumita y Taniguchi (2014) sugieren que los cambios en la cavidad oral, tales como las causadas por la presencia de prótesis afectan a las características psicoacústicas y al rango de la frecuencia e intensidad durante la ejecución musical con la flauta dulce. Y la cuestión que añadimos aquí es si las distintas morfologías (fisiológicas) bucales también pudieran influir en el sonido (*timbre*) de la flauta dulce.

### 2.3.2 La calidad del sonido de la flauta dulce

La *American National Standards Institute* define el *timbre* como el atributo de la sensación auditiva en términos de la cual un oyente puede juzgar dos sonidos que son presentados de forma similar, con la misma altura e intensidad perceptual como no similares. Cádiz (2008) sintetiza en su artículo los dos enfoques o teorías principales sobre el *timbre*; el primer modelo es el del *procesamiento de la información*, que describe las dimensiones de la percepción del *timbre* resumido en términos de atributos de los sonidos; en otras palabras, los parámetros acústicos (*espectrales, temporales y espectro-temporal*) de la señal sonora que son procesados por el sistema sensorial y perceptivo dan como resultado el *timbre* de los sonidos complejos, siendo el escalamiento multidimensional o

MDS muy fructífero en la determinación de estas diferentes dimensiones de percepción del *timbre*. El segundo enfoque basado en la *teoría ecológica* propuesta por Gibson (1979), sólo recientemente ha dado lugar a la experimentación sistemática en la percepción auditiva. Según este punto de vista, la percepción del *timbre* es una función directa de las propiedades físicas del objeto sonoro. El objetivo de estos estudios es describir los parámetros físicos que son perceptualmente de interés para el objeto que vibra.

Donnadieu (2007) explica que la ausencia de una definición satisfactoria del *timbre* se debe principalmente a dos grandes problemas. El primero, se refiere a la naturaleza multi-dimensional del *timbre*; de hecho, no es posible medir el *timbre* de forma unidimensional, en contraste con la *altura* (baja o alta), la *duración* (corta o larga) o la *intensidad* (suave o fuerte). Por ello, el vocabulario empleado para describir los distintos *timbres* de los sonidos producidos por instrumentos musicales indican su aspecto multidimensional, por ejemplo: '*brillante*', '*opaco*', '*apagado*' o '*claro*', todos son términos frecuentemente utilizados para describir los sonidos musicales. El segundo problema está relacionado con el hecho de que el *timbre* es un concepto que hace referencia a diferentes niveles de análisis. Por ejemplo, al *timbre* de la flauta le influye su escasa presencia de *armónicos y parciales* (especialmente con la técnica de la laringe baja). Debido a su semejanza con las *ondas sinusoidales* (que provoca la confusión de su octava real en denominaciones y escritura), siendo el sonido de la flauta apto para la manipulación electrónica (Gustems, 2003). Este sonido tan '*elemental*' ha motivado que la flauta se haya utilizado para simbolizar estados de *pureza, escenas sobrenaturales, amor, espiritualidad, muerte, naturaleza*, etc. Leenhouts (2000, p.23) al hablar de la música en el teatro barroco asocia el sonido *suave* de la flauta dulce al llamado *still music*, que solía simbolizar la muerte. En la *Semana Santa de España* durante el Barroco, Pérez Prieto (1995, p.4) mencionó que evocaba un fuerte significado *fúnebre y sobrenatural*. Con la denominación de *flûte d'amour* dada a la flauta dulce soprano se pretendió su semejanza con el *piccolo* y su *sonido dulce* (Corneloup, 1972, p.15). En este orden, uno de los *tratados* más importantes y vigentes en todos los conservatorios de occidente como es el *The modern Recorder Player* de Hauwe (1984) adjetiva el sonido de la flauta (*timbre*) con los siguientes calificativos: *sonido agradable, redondo, suave y con resonancia*. Indicando además que la presión de aire constante asegura que no se produzcan alteraciones en el tono, consiguiendo así una '*calidad*' de sonido más homogénea. Galofré (1996) en su método *La Flauta Dulce I* aconseja que el sonido sea *lleno, regular, liso* y sin alteraciones de ningún tipo, señalando que el esfuerzo debe centrarse en la obtención de ese *sonido liso*. Cateura (1989) aconseja en su método la *Flauta Muy Fácil* cuidar la emisión del sonido, buscar siempre la calidad; describe el sonido con adjetivos como *denso, liso y regular*. Gustems (2003) mostró distintas definiciones y adjetivaciones del *timbre* de la flauta por grandes expertos con calificaciones metafóricas usuales como *sonido oscuro y sonido rígido* (Michels, 1982, p.53); *sonido puro* en Boeke (1995, p.15);

*sonido limpio* con Alcázar (1995, p.78); *flûte d'amour* por el ambiente de intimidad que se crea con Corneloup (1972, p.15); o *sonido dulce* por la propia denominación dada a la flauta dulce según Corneloup (1969). Para Lavignac (1950, p.149) el sonido de la flauta debe ser *ligero, dúctil, delicado* y de una *agilidad extrema*. La flauta tiene un *timbre* homogéneo, su registro grave es *mate* y *volátil*, el registro medio está lleno de *dulzura*, el agudo es *luminoso, brillante* y el sobreagudo *incisivo y violento* (Noguero, 2005).

Pero hay factores como la técnica y aspectos fisiológicos que influyen en el *timbre*, Dessy y Dessy (1998, p.8) señalaron que el *bajar la laringe* al soplar amplifica la resonancia bucofaringea del flautista, produciendo una sensación de mayor fuerza en los graves. Laurin (1999) añade también diferencias entre las técnicas flautística, con o sin resonancia faríngea. Coincide con Bretèque (1999) en atribuir a la laringe parte del control de la presión de aire intraoral mediante la acomodación de la elevación de la laringe y el consiguiente volumen aéreo de la cavidad faríngea. Parece ser que la laringe modifica la velocidad de salida del aire, acelerándolo, hecho que permite al bajarla un mayor control hasta la salida por la boca debido a que se alarga el espacio a recorrer; opinión compartida por Chang (1989, p.72). Thorn (1998) mencionó que las digitaciones de *horquilla* y de orificios *semi-tapados* influyen en la formación de nodos en la columna de aire, provocando diferencias tímbricas notables respecto a las digitaciones simples. Lasocki (1999, p.19) aseveró que los principales causantes en las diferencias tímbricas son: las diferencias de los bordes de los chaflanes, el bisel, los bordes de los agujeros, las proporciones del tubo, las almohadillas de las llaves e incluso las yemas de los dedos.

Existen dos principales modelos acústicos que tratan de explicar los fenómenos complejos que suceden en la flauta dulce: *el modelo Jetdrive* de Fletcher (1975) y *el modelo de vórtice discreto* de Verge, Hirschberg y Caussé (1997). Este último, básicamente describe que el *timbre* del instrumento va en función de la velocidad adimensional del chorro de aire y de la geometría de la boca, arrojando una conclusión muy importante acerca de las transformaciones energéticas que se producen durante el proceso de la producción de sonido, apuntando que la energía neumática procedente del chorro de aire desarrollado por el instrumentista se disipa en un 95% en la *región de mezcla*; concepto que se refiere a la zona de acoplamiento entre la salida del aire (*windway*) y los labios, donde la energía se disipa a través de los vórtices de los bordes de los labios. El 5% restante, se transfiere en forma de la oscilación de la columna de aire en el tubo, alrededor de un 3 ó 4% se disipa en pérdidas viscosas y térmicas en las paredes del tubo, por lo que sólo alrededor del 1% de la energía neumática inicial se irradia como sonido (García, Vincelas, Tubau y Maestre, 2011).

Respecto a los principales parámetros instrumentales que modulan los atributos de percepción del sonido producido: la *presión de soplado* y la *digitación* podrían ser considerados como los más importantes. De hecho, la *presión de soplado* a diferencia

de la *digitación*, presenta una naturaleza continua y permite el control de la dinámica, el *timbre* y las técnicas de *sobre-soplado* (*overblowing*) (García et al., 2011). Además, el uso de digitaciones de *horquilla* y de *semi-tapados* facilita la formación de *nodos* que afectan a su vez al *timbre* resultante, al igual que ocurre con la técnica del *sobre-soplado*, la cual refuerza la presencia de armónicos y parciales (Gustems, 2003).

Pérez Prieto (1999) recomienda que en las aulas, al ser grupales, se empleen flautas de la misma marca, modelo y a ser posible de marca de prestigio para eliminar problemas de base en la afinación. Sabiendo que en general, ningún instrumento de viento produce tonos perfectamente afinados, sólo la ejecución de una persona experta puede conseguir buenos resultados en este campo. Según Robert (1998, p.27), la flauta dulce está 4.7 cents de media por encima del diapasón estándar de 440 Hz., las mayores desviaciones se producen en el do#, el re# y el do"#" (en el caso de la flauta dulce soprano). Respecto a la altura del sonido, la flauta es el instrumento de viento más cercano al diapasón estándar (Gustems, 2003, p.60).

Finalmente entramos en la antigua disputa, mito versus ciencia. "El gran mito presente aún en los luthiers de flauta dulce, profesores y flautistas que defienden que el timbre del instrumento está vinculado a cada tipo de material" Gustems (2003, p.54). Afirmación no compartida por físicos como *Helmoltz* y *Tyndall* (en Lavignac, 1950, p.149). Zamacois (1982) mencionó a *Mahillón* sobre este aspecto:

La opinión tradicional es que la materia del instrumento también aquí contribuye; pero hay quien lo refuta enérgicamente. *Mahillón*, en sus Elementos de Acústica, aduce el ejemplo de una trompeta de madera (...) nadie acertó a distinguir nunca de una de metal. (p.189)

Lasocki (1999, p.19) cuenta una interesante discusión de *Raymond Dessy* y su esposa *Lee* sobre como las diferentes maderas inciden en el sonido de la flauta dulce: "La radiación directa de sonido de la vibración de una pared es insignificante, es como oír el ronroneo de un gato junto al metro". Coltman (1971) concluyó diciendo en su estudio sobre el efecto del material en la calidad del *timbre* de la flauta: que no se ha encontrado evidencia que los ejecutantes u oyentes distingan flautas de materiales distintos. Lavignac (1950, p.154) afirmó que el material del tubo de los instrumentos de viento no tiene ninguna o casi ninguna influencia en el *timbre*. Linortner (2001) con su estudio del *timbre* con flautas traveseras construidas con distintos materiales mostró que los flautistas expertos que escucharon las siete flautas de *Muramatsu* construidas con siete materiales diferentes no evidenciaron ninguna prueba de que el material del tubo tuviera algún efecto apreciable en la variedad del *color* o en la dinámica sonora del instrumento, ya que ningún experto fue capaz de asignar ninguna muestra de audio a un material.



Sin embargo, Coltman (1973) señaló que también hay eruditos de la tradición musical que sostienen lo contrario en sus escritos, muestran que el material es determinante en el *timbre* de la flauta. Además que en la tradición musical es normal que el ejecutante de flauta tenga predilección por un material u otro: en función del peso, del tacto y demás características de los materiales que los lutieres y constructores ofrecen a sus clientes.

### 2.3.3 Sobre el aprendizaje musical instrumental

Sidnell (1986) ya señalaba que la bibliografía sobre la investigación en educación instrumental es alarmantemente escasa y asombra la falta sistémica de investigaciones sobre los problemas del aprendizaje motor en música. Añadiendo que uno de los problemas de los educadores musicales (aparte de un desconocimiento teórico subyacente) es que tienden a basar el aprendizaje de las tareas motoras muy precisas principalmente a través de la repetición. Además de que la mayor parte del aprendizaje tiene lugar sin dirección, es decir, se basa en la práctica individual (Duerksen, 1972), y sabiéndose que ésta es notablemente baja en cuanto a eficiencia en términos de aprendizaje, por todo ello, los estudiantes aprenden sin estar seguros de un resultado ideal, siendo incapaces de la detección de errores o corrección y no teniendo en cuenta las estrategias de las prácticas eficientes. Gordon (1971) señaló que conocer el valor fraccional de las notas no contribuye necesariamente a la interpretación cinestésica de un patrón rítmico que es visto en forma de notación en una partitura. Y que siendo la música un arte sonoro, uno primero debe adquirir la percepción auditiva y la reacción cinestésica con el fin de desarrollar la comprensión musical en un sentido conceptual, aseverando que dicha reacción cinestésica se activa a través de la percepción auditiva. Sidnell (1986) se preguntó cuáles son las relaciones entre el aprendizaje motor y otros tipos de aprendizaje de la música, cuestión clave para los educadores musicales que están preocupados con el aprendizaje eficaz de las respuestas motoras puras para el rendimiento.

### 2.3.4 Estudios previos y de restricciones musicales

Colavita (1974) señaló que, cuando aplicamos una disminución o *restricción* de la señal visual, se puede potenciar el canal de información auditivo y, viceversa, cuando aplicamos la disminución o privación auditiva se puede redirigir la información recibida hacia el canal visual. Teniendo en cuenta que, cuando aplicamos las *restricciones* visuales o auditivas en el aprendizaje, también hay una demanda de información cinestésica que reportaría la misma acción, ya que, durante las acciones, lo que se instiga en cada nueva contracción muscular no es un pensamiento o una percepción, sino la sensación ocasionada por dicha contracción muscular que acaba justo así (James, 1890). En estos contextos Spence, Parise y Chen (2012) consideran la hipótesis de la competencia (Desimone



y Duncan, 1995; Duncan, 1996) de Desimone y Duncan, donde los sistemas cerebrales tanto sensoriales como motores son fundamentalmente de naturaleza competitiva, por lo que, dentro de cada sistema, un aumento en la activación de la representación de un objeto / evento siempre se produce a costa de otros. Es decir, la representación neural de diferentes objetos / eventos es normalmente inhibitoria mutuamente. Otro aspecto importante del modelo de competencia sesgada de Desimone y Duncan se refiere a la afirmación de que la representación neural dominante suprime la actividad neuronal asociada con la representación del estímulo más débil (o eliminado) (Duncan, 1996).

Siempre ha existido un especial interés desde el ámbito de la psicología por la retroalimentación sensorial y los efectos que suponen la *privación* o *restricción* para el aprendizaje. Adams (1968) describe en su artículo *Response feedback and learning* los primeros pasos de los estudios con *restricciones* sensoriales. En ellos el organismo fue casi siempre la rata y el instrumento de estudio, el laberinto (muy utilizado por los investigadores en el periodo comprendido entre 1900 y 1935). Se estudiaron las diversas fuentes de los estímulos y su influencia en el aprendizaje a través de la propiocepción y su relación con la visión, la audición, el tacto y el olor. Destaca Small (1900) por ser de los primeros en experimentar con formas simples de discriminación en el comportamiento de las ratas en el laberinto, usando o no la *restricción* de los estímulos. Se establecieron tres formas básicas de actuación sobre las fuentes del estímulo para estos tipos de estudios: a) cortar las vías aferentes que llevan las señales al cerebro, quirúrgicamente o con el uso de una droga, b) interferir el área de proyección central del cerebro para una clase determinada de aferentes, y c) negar o modificar la entrada sensorial; por ejemplo: negación visual, a oscuras, previo lavado del laberinto para eliminar el olor además de modificado, etc. (Adams, 1968). Small (1900) llegó a la conclusión de que las señales de la cinestesia táctil son la clave para el rendimiento en el laberinto. Y Watson (1907) encontró que las ratas que aprendieron el laberinto con luz podían ejecutarlo con una exactitud razonable también en la oscuridad, tanto con ratas sordas, con extremidades anestesiadas, etc. Este autor concluyó junto a Small que los propioceptores son fundamentales para aprender el laberinto, y es que la rata puede ejecutar un laberinto sin ninguno de los siguientes sentidos: vista, oído, olfato y tacto (Hunter, 1930). Frente a esta aseveración Lashley y colaboradores (Lashley y McCarthy, 1926; Lashley y Ball, 1929) niegan la importancia de los propioceptores periféricos en el laberinto y los cuestionan de dos formas, a) destruyendo con cirugía las vías aferentes (neuronas sensoriales o aferentes sensibles, evitando que los estímulos envíen información desde los tejidos y los órganos sensoriales del cuerpo hacia el interior de la medula espinal y al cerebro para procesarlo), y b) lesionando el cerebro, en concreto la región cerebral central del sistema motor. En el contexto de estos estudios nace el pensamiento centralista de Lashley (1917), que parte del caso clínico de un paciente que tuvo una lesión medular que le produjo una anestesia casi total de la pierna y deficiencias en la respuesta, aunque mantuvo la precisión en la dirección y en

el alcance del movimiento. La lesión había eliminado exitosamente el *feedback* y la respuesta de los propioceptores. Lashley pensó que el control del movimiento debe de ser central y que no guarda relación con los propioceptores. Más adelante, Honzik (1936) realizó un estudio más ambicioso con una muestra más amplia, atacando las funciones de los sentidos en el aprendizaje del laberinto y aplicando la eliminación quirúrgica a los diversos grupos experimentales de olfato, vista, oído y tacto, tanto de forma separada como combinados, además de la propiocepción. Este autor no encuentra una jerarquía fija de los sentidos. Sostiene que un organismo utiliza los sentidos en función de su necesidad, por ejemplo: la visión domina cuando está presente el olfato, pero, si se elimina la visión, el olfato se posiciona para desempeñar un papel importante y pasa a ser central para orientar el comportamiento en el laberinto así como en la audición. Sin embargo, los resultados mostraron que con la propiocepción por sí sola no se alcanzaba un aprendizaje apreciable cuando era la única fuente sensorial. En resumen, este autor demostró con su trabajo que, con la excepción de la propiocepción, la rata puede utilizar prácticamente cualquier sentido en la medida en que tenga información del laberinto, aunque no niega que la propiocepción pueda ser importante para el aprendizaje, pero no es suficiente por sí sola.

Sobre todo esto, Adams (1971) apuntó que:

“... Uno tiene la tentación de afirmar que el refuerzo funciona de la misma manera en las ratas y en las personas, y que las leyes del aprendizaje animal y las del humano son las mismas. Esto, por supuesto, podría ser cierto y entonces tendríamos una ciencia más sencilla, pero también puede ser falso”. (p.114)

Como podemos apreciar, los estudios con *restricciones* con animales han sido prolíficos, pero esto no sucede así en el ámbito de la investigación instrumental en música, no obstante esa tendencia parece estar cambiando. Pfordresher (2006) realiza una serie de experimentos para pianistas con los efectos del *feedback auditivo alterado* (AAF), que modifica el sonido de la retroalimentación, y con el *feedback auditivo retrasado* (DAF), que altera la sincronización de la ejecución con el sonido. Sabiendo que la presencia del sonido (sin alterar) durante el aprendizaje facilita la ejecución incluso para pianistas expertos (Finney y Palmer, 2003). Sin embargo, el aprender a producir una secuencia de pulsaciones de teclas al piano no depende de la presencia de sonido, incluso para las personas sin ninguna formación musical, según el experimento *número 3* de Pfordresher (2005). Además, la falta de sonido durante la ejecución en teclado tiene efectos insignificantes para el intérprete (Repp, 1999; Finney, 1997; Finney y Palmer, 2003; Pfordresher, 2005). Dicho lo anterior, el estudio demuestra que el AAF sí que debilita considerablemente el desempeño musical y que la formación musical influye moderadamente en el

resultado. Por otro lado, el DAF también provoca una ralentización en la ejecución vocal hablada del sujeto, según Howell (2004), y un incremento en la tasa de errores en música, según Finney (1997). Además existe un índice de máxima *perturbación* en el tiempo de ejecución musical que ronda los 200 milisegundos en el retraso del *feedback* según Pfordresher y Palmer (2002) y de 270 milisegundos según Gates, Bradshaw y Nettleton (1974), y que como no puede ser de otra manera influyen muy negativamente en el rendimiento. Pfordresher (2006) añadió a sus conclusiones, que el efecto perturbador del AAF en el rendimiento del teclado está sólo moderadamente influenciado por la formación musical.

Sin embargo, las conclusiones de Flach (2005) son relevantes para un estudio reciente realizado por Drawing (2013), donde los participantes tocan su propio ritmo mientras que escuchan los tonos de retroalimentación de estos. Cada tono de retroalimentación se retrasó en una cantidad fija, por lo que la ejecución isócrona dio lugar a retroalimentación no isócrona. Drawing encontró que los participantes que ejecutaban asincrónicamente, compensaban parcialmente el retardo de la realimentación, lo que dio como resultado un acercamiento (pero no de forma perfecta) a los tonos isócronos de la realimentación. Él interpretó estos resultados como un apoyo a la hipótesis de que la ejecución del propio ritmo implica la sincronización de consecuencias sensoriales; incluyendo las auditivas e integradas con los movimientos (Drawing, Hennings y Aschersleben, 2002). Sin embargo, si los tonos de retroalimentación funcionan como tonos de estimulación y, automáticamente, se involucran en la *corrección de la fase*, un patrón ejecutado no isócrono como el encontrado se podría predecir, ya que los ITIs (intervalos de ejecuciones del individuo) se harían eco de los IOIs (intervalos del pulso externo, metrónomo) a partir de la duración del retardo primero, por lo tanto, a pesar de que la hipótesis de Drawing es plausible, sus hallazgos no parecen proporcionar apoyo inequívoco para ello, según Repp y Su (2013).

Vistos estos importantes efectos que muestran las investigaciones sobre la retroalimentación auditiva retardada en el desempeño musical, Couchman, Beasley y Pfordresher (2012) son los primeros en preguntarse si la retroalimentación manipulada afecta a la sensación de 'tener bajo control' los participantes sus propias acciones, y si ese sentimiento puede ser en parte responsable de cualquier deterioro en el rendimiento. Con el uso de la retroalimentación auditiva alterada, Repp y Su (2013) señalan que Couchman et al. encontraron que la retroalimentación alterada afectó a los juicios de control durante la ejecución de melodías simples en piano electrónico, así como el rendimiento, y que la interrupción del rendimiento fue mayor cuando la 'sensación de control' fue ambigua. Sin embargo, estos autores pudieron concluir sobre la base de los análisis correlacionales, que los 'sentimientos de control' de los participantes no afectaron directamente a su desempeño.

Por otra parte, hay algunas investigaciones no musicales interesantes que aplican *restricciones* sensoriales, aunque con ejecución motriz similar a la pianística. Es el caso de Diehl y Seibel (1962), que llevaron a cabo un estudio con 16 mecanógrafos profesionales, que debieron escribir a máquina en cuatro condiciones restrictivas diferentes, a) condiciones normales de velocidad de mecanografía, b) normal, pero sin ver la línea impresa, c) normal, pero con el sonido de la máquina de escribir enmascarado por el ruido proporcionado a través de auriculares y d) una combinación de las condiciones B y C (sin *feedback* visual ni auditivo). Analizaron si las *restricciones* influyen en la velocidad de mecanografiado según el número de palabras por minuto y errores cometidos. Los resultados muestran que la presencia o la ausencia de retroalimentación auditiva tiene un efecto relativamente poco importante en la velocidad y en la precisión al escribir. Pero no así con la falta de visión, la cual parece influir en la ejecución, donde la velocidad y la exactitud de las actuaciones se redujeron con más errores relativos a la pulsación de teclas adyacentes.

En el estudio realizado por Repp (1999), se indaga si la interpretación a piano sin sonido puede ser realmente tan exacta y tan expresiva en ejecución (a nivel estético) como con el desempeño con *feedback* auditivo normal, utilizando para ello a seis estudiantes de piano con diferentes niveles de competencia para la ejecución de un fragmento de la obra de *Chopin*. Se obtuvieron unos resultados ambiguos como reconoce el propio autor y, en cuanto al nivel estético, bastante insignificantes.

Sin embargo, sabemos que la ausencia del *feedback* auditivo tiene efectos. Ehardt (1898) ya señalaba cuando comparó la ejecución de fragmentos musicales a piano con o sin sonido, que se detectó un ritmo más lento de ejecución en ausencia de retroalimentación auditiva, hecho corroborado con los resultados de Gates y Bradshaw (1974), pero que no se detectaron diferencias significativas, pero sí tendencias que señalaban también que un retraso en la retroalimentación auditiva puede causar perturbaciones en el rendimiento, hecho, este último, también compartido por Finney (1997). Se deduce, pues, que la retroalimentación mal manejada no es beneficiosa para el aprendizaje, aunque podría serlo en determinados contextos, como sostuvo Colavita (1974) al aseverar que la percepción visual es mayor cuando la presentación de los estímulos visuales se combina con eventos auditivos. En cuanto a la baja influencia en la ausencia del *feedback* auditivo en el desempeño competente a teclado, Repp (1999) sugirió que la complejidad de las actividades motoras de ejecución se orienta casi en su totalidad por las representaciones mentales, planes e imágenes auditivas y que no requieren una intervención inmediata de la retroalimentación auditiva y cinestésica del *feedback*, aunque probablemente sea importante.

Banton (1995) coincide con West (1967) y Diehl y Seibel (1962), en el estudio en que trató de evaluar el papel de la retroalimentación durante la lectura musical a primera

vista, identificando los errores comunes asociados con el nivel musical con la eliminación de la retroalimentación visual y la auditiva en la tarea. Afirmaba que las *restricciones* auditivas tuvieron poca influencia en el desempeño de los ejecutantes expertos a piano, aunque cuando la retroalimentación visual no estaba disponible aumentaba significativamente el número de errores con notas adyacentes, lo que afectaba a la melodía. Sugiere esto que la retroalimentación visual parece ser un requisito necesario para el rendimiento experto que facilita la exactitud del movimiento en la tarea de tocar a primera vista (*repentización*). Además, también influyó, que los pianistas con una capacidad relativamente baja en la lectura a primera vista cometieron significativamente más errores rítmicos durante la lectura a primera vista con respecto a los pianistas con mayor nivel en sus respectivos grupos.

En el estudio de Goebel y Palmer (2009) se investigó la sincronización de un dúo de pianistas, en el que un pianista era considerado el líder (tocaba la melodía) y el otro, el seguidor, tocaba el acompañamiento. Sus roles asignados se reflejaron en movimientos de cabeza y dedos, pero sin embargo, los movimientos de la cabeza se sincronizaron con más fuerza cuando la retroalimentación auditiva se redujo, lo que indicaba que la información visual jugaba un papel más importante en este caso.

Repp y Su (2013) sobre la trayectoria del movimiento del dedo sincronizado al tocar (música), muestran que el ciclo del golpe consta de las fases de flexión y extensión, típicamente con una fase inmóvil en el medio, que se produce en el punto de contacto (tiempo de permanencia) o en la extensión máxima (tiempo de retención). En consecuencia, dos estilos de tocar, *legato* y *staccato*, se pueden distinguir, aunque esta distinción rara vez se hace en la literatura o es considerada en las instrucciones a los participantes. Krause, Pollok y Schnitzler (2010) encontraron que los participantes trasladaron su dedo más rápido al tocar con un metrónomo auditivo que con una luz intermitente sin audio, y que esta diferencia se produjo principalmente en la fase de flexión (movimiento hacia abajo) del dedo. Presumiblemente porque refleja un acoplamiento sensoriomotor más fuerte, por ello los percusionistas participantes movían sus dedos significativamente más rápido durante la flexión y la extensión que los hechos por los otros, fueran músicos o no.

Stavrinou, Moraru, Cimponeriu, Penna, Della, y Bezerianos (2007) en su estudio de sincronización para revelar la conectividad entre áreas corticales durante la ejecución de un dedo tocando o imaginando que toca al ritmo del compás de un metrónomo auditivo isócrono, encontraron un patrón similar de actividad en ambos tipos de ejecuciones en las áreas corticales. Además, el acoplamiento sensoriomotor parece ocurrir cada vez que se procesa la información auditiva temporal estructurada con ritmo y puede que sea la base de las acciones, tanto abiertas como encubiertas, que están relacionadas con la entrada de la señal (Repp y Su, 2013). Añadir a estos hallazgos un aspecto importante sobre las capacidades cognitivas humanas en el ritmo, la música y la percepción del

habla, Lehmann y Schönwiesner (2016) muestran que las respuestas auditivas del tallo cerebral con una secuencia de sonidos isócronos son más consistentes con respecto a los ensayos con una secuencia de sonidos irregulares.

En un estudio reciente con *restricciones* de van Vugt y Tillmann (2015) con tres grupos experimentales, emparejados en términos de (mínima) formación musical, uno con retroalimentación auditiva normal (de tonos) al pulsar las teclas, otro grupo con fluctuación de la retroalimentación (señal retrasada) y un tercer grupo sin ninguna retroalimentación auditiva, para evitar confusiones con la retroalimentación auditiva, todos debían aprender la ejecución de las dos secuencias motoras propuestas pulsando las teclas sincrónicamente con un metrónomo visual (sin sonido y a la misma velocidad constante para los tres grupos) durante varias sesiones de aprendizaje. Concluyeron que la retroalimentación auditiva desempeña un papel fundamental en el aprendizaje de secuencias motoras, particularmente en el aprendizaje de tareas motoras con regularidad temporal constante de los movimientos. Sugieren que este hallazgo apoya la idea de que el cerebro es una *máquina flexible de tareas* (ver a Reich, Maidenbaum y Amedi, 2012) que puede usar la retroalimentación sensorial de diferentes modalidades (visual, propioceptiva o auditiva) siempre y cuando el *feedback* contenga la información relevante sobre el movimiento. Otros datos que apoyan la hipótesis de la *máquina flexible de tareas* provienen de estudios que muestran que una modalidad sensorial (por ejemplo la auditiva) puede ser sustituida por otra (por ejemplo la visual) (Bach-y-Rita, Collins, Saunders, White y Scadden, 1969; Striem-Amit, Guendelman y Amedi, 2012). Desde estas observaciones la retroalimentación auditiva puede ser utilizada de manera similar a la retroalimentación visual durante el aprendizaje motor (Oscari, Secoli, Avanzini, Rosati y Reinkensmeyer, 2012; para una revisión ver Sigrist, Rauter, Riener y Wolf, 2013). La música o el habla son habilidades que requieren una alta precisión temporal de la acción motora (Merchant, Harrington y Meck, 2013); por ejemplo: algunos pianistas expertos mostraron una precisión impresionante, del orden de milisegundos, al ejecutar escalas musicales (van Vugt, Jabusch y Altenmüller, 2012; Wagner, 1971). Ante este hecho, van Vugt y Tillmann (2015) se preguntan cómo el ser humano puede lograr tal precisión temporal a pesar del ruido ambiente. Se sabe que la propiocepción y la percepción táctil, que se suponen necesarios para impulsar el aprendizaje motor, ofrecen una baja resolución temporal; también que la entrada táctil tiene una resolución de unos 50 milisegundos (Tinazzi, Frasson, Bertolasi, Fiaschi y Aglioti, 1999) y que la resolución temporal de la percepción visual de los movimientos está en el orden de decenas de milisegundos (Carlini y French, 2014); por el contrario, la resolución auditiva temporal es la más alta de todas y permite la discriminación de los sonidos en cuestión de milisegundos (Glenberg, Mann, Altman, Forman y Procise, 1989; Kanai, Lloyd, Bueti y Walsh, 2011; Karabanov, Blom, Forsman y Ullén, 2009). Van Vugt y Tillmann (2015) confirman la hipótesis de que la sincronización motora puede ser aprendida a través de la retroalimen-

tación auditiva más eficazmente, y sugieren que este aprendizaje avanza a través de la corrección de errores. A saber, que este mismo proceso se da en el aprendizaje visomotor mediante la corrección del error espacial (Cheng y Sabes, 2006; Ghahramani, Wolpert y Jordan, 1997; Kawato, Furukawa y Suzuki, 1987; Shadmehr, Smith y Krakauer, 2010; Thoroughman y Shadmehr, 2000). De esta manera, van Vugt y Tillmann añaden que el cerebro puede realizar los cálculos necesarios para la corrección del error temporal que ocurre durante el mantenimiento del movimiento periódico; así, los participantes del grupo con retroalimentación normal utilizaron la sincronización con el sonido como un “*proxy*” para el momento de realizar el golpe del dedo en el teclado, acortando o alargando el golpe y llevando como guía la retroalimentación de los intervalos. En el mismo estudio, van Vugt y Tillmann (2015) retiran la retroalimentación auditiva a los grupos que aprendieron con retroalimentación (normal y retardada) para una ejecución nueva (pero con mismo diseño formal de las dos secuencias que aprendieron anteriormente), comprobando que el grupo que aprendió con retroalimentación auditiva no se había vuelto dependiente de la retroalimentación auditiva que utilizó para el aprendizaje en la regularidad del movimiento, ya que, si así fuera, su desempeño se habría deteriorado cuando se retiraron los sonidos. Aún así, mantuvo su mejor nivel de rendimiento en ausencia de retroalimentación auditiva, en consonancia con estudios anteriores con no músicos (Heitger, Ronsse, Dhollander, Dupont, Caeyenberghs y Swinnen, 2012; Ronsse, Puttemans, Coxon, Goble, Wagemans, Wenderoth y Swinnen, 2011) y con músicos expertos (Repp, 1999; van Vugt, Jabusch y Altenmüller, 2013). Van Vugt y Tillmann interpretan que este efecto se produce, porque el grupo con retroalimentación normal podría haber logrado aprender la asociación temporal entre el golpe del teclado y del sonido, por lo que han sido capaces de hacer una ejecución más cercana con el tiempo del led del metrónomo con respecto a la que hicieron los otros grupos. Pero este hallazgo no estaría de acuerdo con la *hipótesis de la orientación*, que establece que después de que los participantes han aprendido una tarea con la retroalimentación, su rendimiento se degrada cuando esta información está ausente (Salmoni et al., 1984). Aunque otros estudios también han encontrado pruebas en contra de la orientación de la retroalimentación auditiva (Ronsse et al., 2011). Aún así, estos hallazgos pueden ser reconciliados con la *hipótesis de la orientación* si se supone que la orientación sólo se produce en las primeras etapas del aprendizaje (van Vugt y Tillmann, 2015).

En la investigación de Granda et al. (2004) se aplicaron *restricciones* informacionales visuales a estudiantes de conservatorio durante 18 sesiones a través de un programa de aprendizaje con varias secuencias a piano. Los datos encontrados a través del registro electromiográfico (EMG) muestran que los sujetos del grupo experimental (con *restricciones*), alcanzaron mejores valores al final del programa de aprendizaje con respecto al grupo control, estimados estos en la disminución de niveles de potencial eléctrico de los extensores de los dedos pulgares en todas las situaciones experimentales y con un



aumento de los niveles de potencial eléctrico de los extensores de los dedos meñiques, cuestiones éstas que representan desde la óptica de la técnica pianística una mejora.

### 2.3.5 Estudios empíricos sobre el aprendizaje instrumental de la flauta dulce

En la investigación sobre la flauta dulce, Gustems (2003) ya destacaba que el principal problema detectado es la poca producción científica y didáctica, así como la dificultad de acceso a las fuentes, especialmente bibliográficas, documentales y de música impresa, hecho que impide la actualización y generalización del conocimiento, condenando al aislamiento a los investigadores de dicho campo. Podemos trasladar al estudio de la flauta de pico las reflexiones de Narejos (2000a) cuando señala que la actividad instrumental se pone de manifiesto a través del movimiento y puede ser ordenada en sistemas de acciones que se orientan para la realización de una intención musical. El estudio de estas acciones ha sido normalmente abordado desde la casuística, desarrollado con *métodos* en los que se describen los procedimientos considerados óptimos. Pero la mayoría de ellos no van más allá de la recopilación de consejos técnicos avalados por la experiencia de algún gran pianista, flautista, etc. Son a menudo recomendaciones valiosísimas, pero que no superan el nivel de la observación y del razonamiento más o menos intuitivo (en muchos casos sin contraste científico). Incluso a veces pueden conducir a conclusiones falsas y hasta absurdas sobre los modos de actuar, terminando por provocar la desconfianza de muchos instrumentistas hacia la reflexión teórica en sí misma. A este respecto, Sidnell (1986) asevera que los educadores musicales piensan en términos de la práctica en lugar de la teoría subyacente. A todo esto, Narejos (2000b) añade que con la enseñanza de la técnica instrumental no se puede suplantar el desarrollo de las habilidades cinestésicas básicas, aunque la técnica se constituya a partir de pautas específicas de movimiento que hay que aprender y fijar para progresar dentro de un plan previsto, y que además de adquirir una serie de posiciones y acciones concretas, es necesario desarrollar un conocimiento cinestésico, sabiendo que en el aprendizaje de un instrumento musical, aparte de las vías visual y auditiva, también utilizamos otras fuentes de percepción muy importantes como son la táctil y la cinestésica (Granda et al., 2006). Narejos (2002) implementa a la importancia de desarrollar un conocimiento cinestésico el necesario desarrollo de los procesos de pensamiento motor que hagan posible un aprendizaje significativo de la técnica. En este orden, en un estudio de flauta realizado con alumnos de 4º curso de secundaria, Espona (2004) señala que la actividad que representa la ejecución musical con la flauta de pico es una acción sinérgico neuromotriz de coordinación que está integrada por un conjunto amplio de huesos, articulaciones, musculatura tónica, física y redes neuronales que inervan los grupos musculares de los movimiento de dedos, manos, muñecas, brazos y hombros; con una gran complejidad en la interacción de todos estos elementos. Sobre



este asunto, sabiendo que el enfoque de los *sistemas dinámicos* que parte de Bernstein (1967) da prioridad a la comprensión de cómo se da el cambio en los patrones motores y de cómo se alcanzan los procesos de estabilidad en la habilidad motora, siendo una de las ideas claves el control de los *grados de libertad* del sistema para establecer las *estructuras de coordinación* que lo conviertan en estable. Así, como ya se indicó, las *restricciones* informacionales (Newell, 1986) pueden ser una de las variables claves para forzar el surgimiento de patrones relacionados entre los movimientos articulados durante la acción (Williams et al., 1999). En este contexto del aprendizaje de la ejecución instrumental en música, los resultados obtenidos en flauta por Granda et al. (2006) muestran una tendencia ya señalada en estudios anteriores (Granda et al., 2004), coincidiendo con lo expuesto por Elliott, Zuberec y Milgram (1994), Robertson y Elliott (1996) o Bennett et al. (1999) acerca de la potencialidad del uso de las *restricciones* informacionales como una alternativa en el proceso para alcanzar un desempeño exitoso.

En este ámbito, Granda et al. (2006) señalan que el grupo *experimental 1* que recibió *restricciones* auditivas durante la fase de adquisición de una melodía (con flauta de pico) presentó un promedio menor en el número de errores en comparación con las puntuaciones del grupo control que aprendió sin *restricciones*, lo cual podría apuntar a que las *restricciones* podrían influir beneficiosamente en la adquisición (Newell, 1986) y en algunos aspectos importantes en música como la mejora del *error de nota* y del *error de métrica* (sincronización con metrónomo), alcanzándose mejores desempeños que cuando se aprendió sin *restricciones*. En el proceso de aprendizaje, el sujeto con privación auditiva debía de lograr tocar la melodía sin *feedback* auditivo, pudiendo haber obligado a los participantes a hacer algún tipo de ‘esfuerzo superior’ de concentración y de focalización de su atención para un mayor y mejor control de las informaciones cinestésicas y táctiles, a la vez que se indujera el apoyo en otras modalidades (van Vugt y Tillmann, 2015; Reich et al., 2012). Lo que conlleva a “retener” de alguna manera las posiciones (digitaciones) correspondientes con las notas de la secuencia (escritas en partitura) con una mayor solvencia, que genera una nueva representación interna de las acciones y da como resultado que la media de errores de nota sea inferior a la del grupo control y, también, a la del resto de grupos.

Los estudiantes con *restricciones* visuales en el mismo estudio de Granda et al. (2006) también consiguen interpretar la melodía en el postest, con tiempos muy cercanos a lo determinado por el metrónomo, sin apenas diferencias de tiempo durante la interpretación (65 segundos), posiblemente debido a que con la *restricción* visual el individuo se ve forzado a intentar producir algún tipo de ‘esquema mental’ alternativo que le permita desempeñar con independencia de la información visual, centrándose en los aspectos motores de la ejecución, en consonancia con el estudio de Granda et al. (2004). Además, la *sustitución sensorial* realizada durante el programa de formación / entrenamiento favorecería la plasticidad del *crossmodal* como señala Stiles y Shimojo

(2014), pudiendo codificarse una imagen desde un sonido o una estimulación táctil o incluso posibilitar la *transducción* de otra modalidad hacia la corteza visual para el procesamiento. Sabiendo que la privación visual puede reorganizar regiones de la corteza visual que contengan fuertes propiedades multisensoriales (Sadato et al., 2004; Burton, McLaren y Sinclair, 2006).

Los resultados posttest observados en la *fase 1* transferencial de los tres grupos experimentales con respecto al grupo de control (en Granda et al., 2006), mejoraron el promedio de errores de nota, destacando el grupo con *restricciones* auditivas. Los sujetos de este grupo cuando ejecutan con *restricciones* auditivas al ritmo de un metrónomo auditivo isócrono (como es el caso) generan similares patrones de actividad cortical con respecto a una misma actividad sin *restricciones* (Stavrinou et al., 2007). En la prueba de transferencia 2 con *repentización* —ejecución de una secuencia nueva para leer a primera vista— se observa que los grupos experimentales con *restricciones* auditivas presentaron los mejores resultados, en consonancia con los resultados de Banton (1995) y Diehl y Seibel (1962), que ya sugirieron que la presencia de la visión es más efectiva en este tipo de tarea. Además, los sujetos que aprendieron con *restricción* auditiva seguramente optimizaron su capacidad de reconocimiento a nivel visual con el cambio de modalidad (Reich et al., 2012), ya que, al no disponer de la referencia del audio en el aprendizaje, debían sustituir esta fuente de información por otra que les permitiese acceder a una adecuada representación de los patrones de cada uno de los compases de la secuencia (en forma de conocimiento condensado o *chunks*). Como sugieren van Vugt y Tillmann (2015), a medida que los seres humanos aprenden secuencias de movimiento, estas secuencias se dividen inicialmente en pequeños *chunks*, y a medida que el aprendizaje progresa, estos *chunks* se hacen más y más grandes (Hikosaka, Nakamura, Sakai y Nakahara, 2002; Sakai, Hikosaka y Nakamura, 2004).

En cuanto a los buenos resultados generalizados de sincronización en todos los grupos con *restricciones* (Granda et al., 2006), puede haber un beneficio por la *coherencia en el crossmodal* durante el periodo de adquisición, debido al suministro de la misma *identidad* de magnitud temporal del ritmo a todos los grupos a través de la señal *unisensorial* del metrónomo auditivo (Frings y Spence, 2010). Sabiendo que la percepción del ritmo es generalmente más fácil dentro de la modalidad auditiva (Kubovy, 1988; Kosonen y Raisamo, 2006). Y como señalan van Vugt y Tillmann (2015), cuando se ejecuta una secuencia con regularidad temporal constante de los movimientos (como es el caso en Granda et al. 2006), la presencia de la retroalimentación auditiva ayuda a la sincronización por su alta resolución de respuesta. Adicionalmente, el audio del metrónomo estuvo presente (en todos los grupos) tanto en el programa de adquisición (*con restricciones*) como en los test finales de toma de datos (*sin restricciones*), posiblemente ayudando como guía para la corrección del error temporal en la sincronización de pulsación como ya indicaron van Vugt y Tillmann.

## 2.4 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, HIPÓTESIS Y OBJETIVOS DE INVESTIGACIÓN

---

### 2.4.1 Planteamiento del problema

Presentado en los anteriores apartados, los intereses, motivaciones, justificaciones, el marco teórico de esta Tesis y realizadas las consideraciones necesarias acerca del desarrollo de las Restricciones, nuestro problema de investigación se concreta en la siguiente pregunta:

*¿Mejorará el proceso de desempeño instrumental con la flauta dulce si imponemos restricciones auditivas o visuales a alumnos de tercero de secundaria durante el proceso de interpretación de melodías musicales con respecto a un procedimiento tradicional sin restricciones?*

### 2.4.2 Hipótesis

En cuanto a nuestra hipótesis de estudio, queda explicitada de la siguiente manera:

*“Si restringimos la información auditiva o visual durante el proceso de aprendizaje de una melodía ejecutada con flauta dulce, mejorará el desempeño en la interpretación musical del alumno (menor número de errores y mejor calidad de sonido) respecto a ese mismo proceso sin restricciones”.*

### 2.4.3 Objetivos de investigación

Mejorar el proceso de enseñanza–aprendizaje instrumental y ofrecer a los profesores y alumnos de la materia de música de la Enseñanza Secundaria Obligatoria, dentro de las coordenadas espacio–temporales que imponen la legislación y el centro educativo, una metodología que logre los tres objetivos básicos siguientes:

#### 2.4.3.1 OBJETIVO 1

Determinar si la presencia o ausencia de **Restricciones** disminuye el número de los errores en las melodías para flauta propuestas.

### 2.4.3.2 OBJETIVO 2

Determinar qué tipo de **Restricciones** mejoran la calidad del sonido de la flauta durante las diferentes melodías propuestas.

### 2.4.3.3 OBJETIVO 3

Evaluar qué factores de la técnica pueden resultar más efectivos en el aprendizaje instrumental de la flauta dulce, en alumnos de educación secundaria obligatoria, a partir de los presupuestos dados desde la TSD del aprendizaje motor.

# 3

## MÉTODO

### 3.1 PARTICIPANTES

Los participantes en el estudio son los estudiantes que cursan el tercer curso de la enseñanza secundaria obligatoria del instituto público Leopoldo Queipo de Melilla dependiente del Ministerio de Educación, Cultura y Deporte (MECD) de España, durante el curso 2012/13 ( $n = 147$ ;  $M = 14,81$ ); distribuidos, según matrícula, en los grupos A, B, C, D y E.

Al ser menores de edad, se solicitan los permisos por escrito a padres o tutores legales (ver Anexo I); cumpliéndose las normas éticas de las Declaración de Helsinki y de la Universidad de Granada. Asimismo, se solicita autorización a la Dirección Provincial del MECD en Melilla. Los participantes obtienen en la encuesta previa una media de 4.5 años de experiencia con la flauta dulce, iniciada su práctica en los cursos anteriores de primaria y secundaria. Los participantes fueron asignados a cinco grupos experimentales, con una distribución homogénea, realizada mediante equiparación a través de los datos obtenidos en el pretest (ver apartado 3.5. de Procedimiento).

### 3.2 VARIABLES DE ESTUDIO

La *Variable Independiente* (VI) va a ser el *Programa de Intervención* conducente a la mejora en los niveles de interpretación con la flauta dulce. Dicho programa presenta tres niveles en función de la restricción auditiva o visual a que se someta a los sujetos participantes (ver apartado 3.5. de Procedimiento). En función de ello, contamos con cinco grupos experimentales:

- *GE1*: al grupo experimental 1 se le aplican restricciones auditivas permanentes controladas durante la fase de adquisición.
- *GE2*: al grupo experimental 2 se le aplican restricciones visuales parciales controladas durante la fase de adquisición.
- *GE3*: al grupo experimental 3 se le aplican restricciones auditivas parciales controladas durante la fase de adquisición.
- *GC*: al grupo control no se le aplica ninguna restricción, aprendiendo las melodías de forma tradicional.
- *GP*: al grupo placebo no se le aplica ninguna restricción, aprendiendo las melodías de forma tradicional, añadiendo instrucciones nada relevantes para el aprendizaje de la flauta dulce.

La *variable dependiente experimental* ha sido la calidad interpretativa determinada por dos componentes: número de los diferentes *tipos de errores* y *calidad del sonido*. Los valores de la variable vendrán determinados por la puntuación de la calidad sonora y por el número de errores de nota, de sincronización, de pérdida de ritmo, de nota falsa y de duración de la ejecución.

Se determinan los diferentes *tipos de errores* (del Objetivo 1 ver apartado 2.4.3.1) mediante el análisis del video y audio de las pruebas de *pretest*, *retest*, *transferencia 1*, *postest*, *transferencia 2*, *transferencia 3* y *retención* de todos los sujetos participantes, de la siguiente manera:

- a) *Error de nota* es la ejecución de una nota diferente a la escrita en el pentagrama.
- b) *Error de sincronización* es aquel cuando la nota ejecutada no coincide temporalmente con el pulso del metrónomo, ya sea antes o después de haberse producido éste.
- c) *Error de pulso en blanco o de pérdida de ritmo* se da cuando se produce una ausencia de ejecución que se corresponde con un pulso del metrónomo.
- d) *Error de nota falsa o de pulsación* por el déficit de precisión al tapar uno o varios orificios de la posición de una nota, es un déficit de exactitud, tan exigente en flauta, que no permite ninguna galga de aire entre la yema y los orificios del cuerpo de la flauta. Se produce otro sonido del registro más alto, es decir, armónicos y parciales superiores a la *fundamental* que se pretendía (Osorio, Knott y Osorio, 2012). En menos ocasiones, también se puede producir por un exceso de presión en el soplado. La diferencia entre *error de nota* con respecto al *error de nota falsa*, es que en este último caso, el sujeto sí selecciona adecuadamente

los dedos que se necesitan para ejecutar una determinada nota, pero no culmina con un correcto tapado como requisito imprescindible en última instancia para producir el sonido correcto.

- e) *Duración*, es el resultado de cronometrar la ejecución desde que empieza hasta su final, dando como error un exceso o déficit de segundos con respecto a un tiempo de ejecución óptimo, cuando el número de pulsos por minuto (de ahora en adelante PPM) del metrónomo es igual al número de notas por minuto.

Para la valoración de la *calidad sonora* (del Objetivo 2 ver apartado 2.4.3.2), el *tímbre* es la cualidad que confiere al sonido el contenido de armónicos (y parciales) que acompañan a la frecuencia fundamental (Osorio et al., 2012) y la diferencia entre armónicos y parciales estriba en que en los armónicos la frecuencia de vibración de cada onda sinusoidal es exactamente proporcional a su sonido fundamental, según un modelo matemático teórico (armónicos puros) en su serie (o escala de armónicos). En las series de parciales, las frecuencias de cada sonido no son tan proporcionales respecto al sonido fundamental, puesto que responden a modelos prácticos reales que dependen de diversos factores particulares de cada ejecutante (López, 2013). En ambos casos, si se produce una desaparición o deterioro de la fundamental —detectado por la variable de *error de nota falsa*— conduce a un deterioro severo del timbre, acrecentado, si cabe, por la razón de que la flauta tiene un sonido pobre en armónicos, pero una fundamental muy intensa (Gérard, 2011). De esta forma, se explica la correlación proporcional entre las ejecuciones con mayores *errores de nota falsa* y su respectivo deterioro del *tímbre* y por ende de la *calidad sonora*. Para cuantificar este aspecto en las pruebas de *retest*, *transferencia 1*, *postest*, *transferencia 2*, *transferencia 3* y *retención*, se procede a calificar cada ejecución con la serie numérica 1, 2, 3 y 4, siendo 4 la puntuación más alta y 1 la puntuación más baja, y se considera como *tímbre óptimo* el de aquellas ejecuciones donde el sujeto fue capaz de mantener —a través de una pulsación / soplo adecuados— una regularidad en el *tímbre* y por tanto un menor deterioro de las fundamentales y de sus escalas de armónicos.

Para ello se tienen en cuenta los *errores de nota falsa* a lo largo del ámbito de la ejecución, prestando especial atención a las zonas de mayor dificultad, aquellas donde, a medida que se añaden dedos para tapar los correspondiente agujeros para alargar la columna de aire y conseguir notas más bajas en la melodía, se produce un aumento de la inestabilidad tímbrica proporcional a la longitud de dicha columna de aire. Inestabilidad tímbrica que suele ser causada por la excesiva o deficitaria presión del aire —que no sólo altera el *tímbre*, a veces también la afinación— o bien por una pulsación deficiente —que provoca nódulos en la columna de aire que elimina o deteriora la fundamental del sonido—, o una conjunción de ambas. La aparición del armónico (sin la fundamental)

es síntoma claro del deterioro del *timbre*, solíéndose manifestar con más claridad en los registros bajos, aunque también aparece en los ámbitos superiores sobretodo con un excesivo soplado:

- Designamos con la *calificación 4* aquellas ejecuciones que tienen tanto en el registro bajo como en el medio / agudo las fundamentales muy poco o nada deterioradas —gracias a la correcta pulsación y soplado— y tienen una afinación correcta.
- La *calificación 3*, para los ejecutantes que mantienen una buena afinación, pero mostrando un deterioro en los registros graves —debido a la desaparición de la fundamental y aparición de armónicos superiores— y manteniendo una buena calidad de la fundamental en las zonas de registros medio y agudo. En ocasiones hay una excesiva presión de soplado generalizada, la cual no llega a romper la fundamental en ningún registro pero sí incrementa los armónicos o parciales superiores afectando al timbre.
- La *calificación 2* designa a las ejecuciones donde hay un deterioro total en la zona de registro de graves y en los registros medios / agudos de forma intermitente; suelen aparecer desafinaciones en zona de registro medios / agudos, además de la excesiva presión de soplado generalizada que incrementa la presencia de parciales y armónicos en todos los registros, y que conllevan a la rotura de las fundamentales de forma intermitente.
- Finalmente, la *calificación 1* corresponde a aquellas ejecuciones donde existe una desaparición o deterioro más generalizado de las fundamentales y una presencia generalizada de parciales y armónicos en los tres registros, además de la desafinación generalizada o muy intermitente, todo ello debido a la combinación o no de una deficitaria pulsación, excesiva presión de soplado, mala articulación, posición, etc.

En el procedimiento se incluyó la opinión de seis expertos (ver apartado del Método 3.5.3.1. de Fase 3), los cuales puntuaron varios audios del postest con el objetivo de conocer su valoración sobre el grado de “oscurantez” o “brillantez” global de las notas más graves o más agudas, lo que se correspondería con un menor deterioro o no de las fundamentales y más concretamente conocer su valoración sobre varias ejecuciones. El objetivo sería, por tanto, determinar el grado de acuerdo de los expertos con la escala de calificaciones que se propone (ver resultados en apartado de Discusión 5.6. de la Calidad Sonora).



En cuanto a las *Variables Extrañas* (VE) que hubieran podido afectar a nuestra investigación, la motivación para el aprendizaje de los estudiantes queda controlada como variable influyente, teniendo en cuenta que en el programa intervienen todos los sujetos de forma voluntaria. En cuanto a su nivel de interpretación (expectativas acerca del experimento, actuar en función de la deseabilidad social, etc.), todos los estudiantes fueron informados de que los resultados obtenidos a lo largo de este estudio no tendrían ninguna influencia negativa en su calificación académica. Las variables relacionadas con el profesor, las ha valorado el propio experimentador, que ha impartido todas las sesiones a los cinco grupos del estudio durante la fase de adquisición y recogida de datos.

### 3.3 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

El diseño de la investigación se concreta en un diseño factorial 2 x 3 x 5, con medidas *pretest–retest–postest* y pruebas de *transferencia* y *retención* (ver *Tabla 1*).

	No privación auditiva	Sí privación auditiva
No privación visual	Grupo Control	GE1 / GE3
Sí privación visual	GE2	
Sí instrucciones no relacionadas	Grupo Placebo	

**Nota.** Grupo Experimental 1 (GE1); Grupo Experimental 2 (GE2); Grupo Experimental 3 (GE3).

**Tabla 1.** Diseño de investigación

El grupo control (GC) (n = 29) aprendió con práctica continua o tradicional, es decir, sin privación sensorial. El grupo experimental 1 (GE1) (n = 29) se sometió a fases de privación sensorial total auditiva a lo largo de las sesiones de adquisición. El grupo experimental 2 (GE2) (n = 30) se sometió a fases de privación parcial sensorial visual. El grupo experimental 3 (GE3) (n = 29) se sometió a fases de privación sensorial parcial auditiva. El grupo placebo (GP) (n = 30) aprendió con práctica continua o tradicional, sin privación sensorial, pero recibiendo instrucciones sin relación con el aprendizaje instrumental de la flauta dulce.

A lo largo del proceso de adquisición, se recogieron datos en cada una de las fases previstas en el diseño: pruebas de *retest*, *postest*, *transferencia 1, 2, 3* y *retención* (ver *Figura 7*).

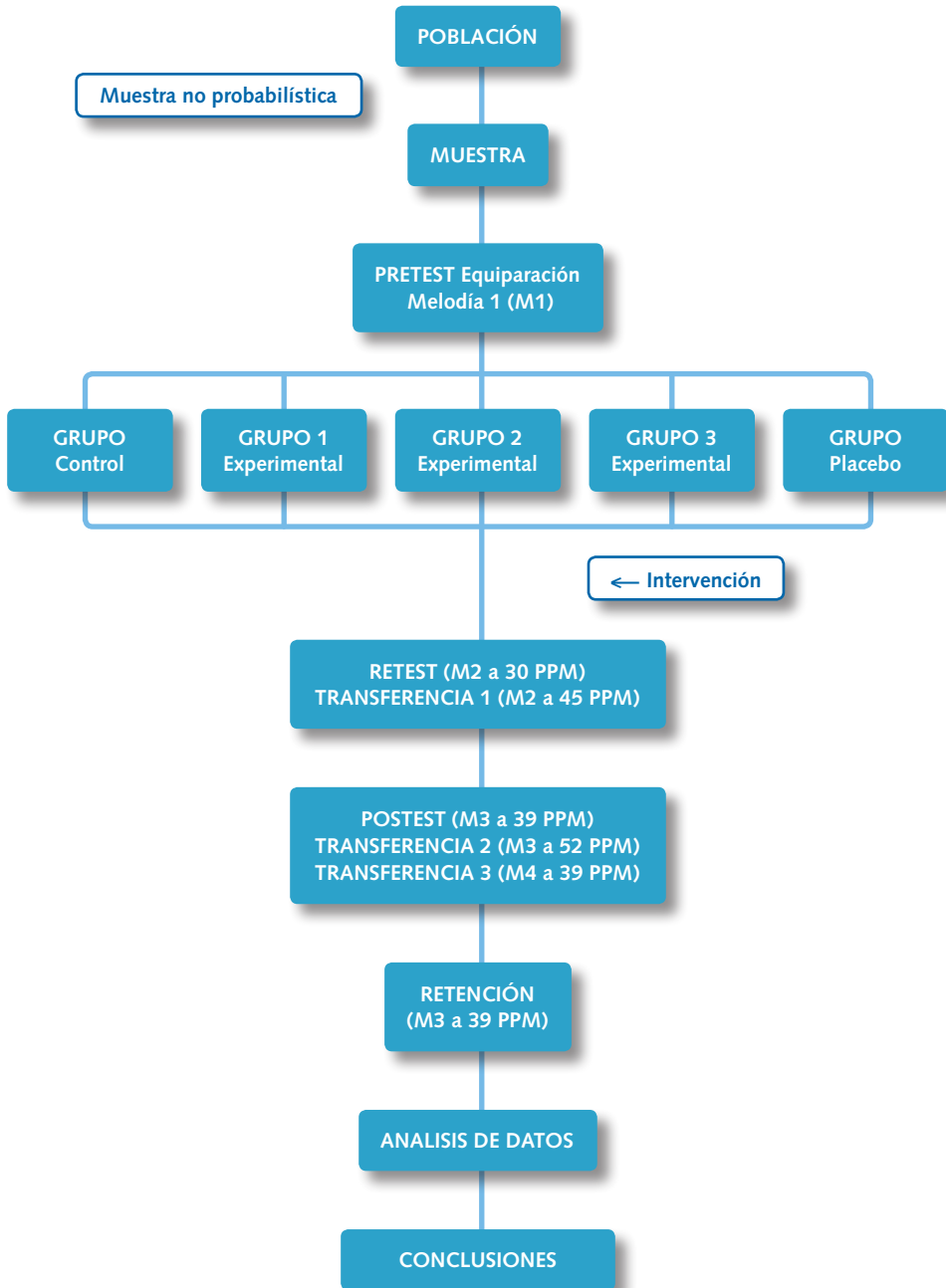


Figura 7. Esquema del diseño de la investigación.

### 3.4 MATERIALES E INSTRUMENTOS DE MEDIDA Y RECOGIDA DE DATOS

Para la recogida de datos, se utilizaron diversos instrumentos de grabación, además de otros para edición y análisis:

Videocámara mini-DV, para el registro en video y el análisis posterior de las ejecuciones de la *M1*, *M2*, *M3* y *M4*.

Grabadora digital en minidisco, para el audio.

Diversos ordenadores portátiles y de sobremesa, para el análisis de los datos, la reproducción y el almacenaje del video y el audio.

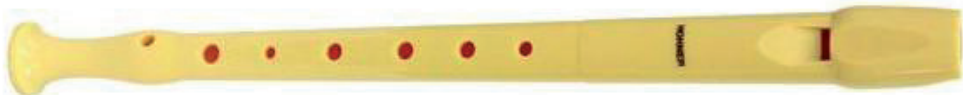
Reproductor, para el análisis del audio WavePad de NCH.

Metróonomo digital 4.0, para el sistema operativo Windows, el cual nos permitió un rango de velocidades más amplio con respecto a los mecánicos.

Editores de partitura *Encore* y *Music Time Deluxe* que permitieron una edición perfecta visualmente para ofrecer a los participantes y *Musescore*, posteriormente para asistir al análisis de datos.

Auriculares profesionales *Sennheiser*, *Sony* y micrófono *Aiwa* bidireccional estéreo.

Como instrumento de aprendizaje se utilizó el modelo 9508 de *Hohner* muy común en las aulas de primaria y secundaria españolas, que consideramos que cumple con ciertas recomendaciones importantes indicadas por Pérez Prieto (1999).



Este tipo de flautas realizadas en plástico, más en concreto *baquelita*, tiene resueltos los problemas de construcción en serie en cuanto a geometría interna y externa, habiéndose logrado una perfección muy alta en los últimos años gracias a la mejora del plástico, de la modernización y de la precisión progresiva de los medios de producción. En un principio, como señala Gustems (2003), las primeras flautas de plástico (fabricadas por *Schott*) usaron el acetato de celulosa, pero éste, con el calor, alteraba su forma; finalmente tuvo que ser sustituido por la *baquelita* (Hunt, 1978, p.141). Algunos prestigiosos fabricantes, como el alemán *Moeck*, señalan que las principales ventajas de las flautas de madera con respecto a las de plástico son su excelente calidad de sonido y su capacidad para admitir la humedad del soplo, sin rival entre los materiales artificiales. Por

el contrario, la flauta de plástico se obstruye con facilidad, debido a las pequeñas gotas de agua que se adhieren a las paredes del bloque y del canal por la condensación del aire húmedo y caliente al entrar en contacto con las paredes más frías del instrumento.

### 3.5 PROCEDIMIENTO

El estudio se organizó en una serie de fases sucesivas, con objeto de organizar el proceso de adquisición y cada uno de los momentos de recogida de datos.

#### 3.5.1 Fase 1: de pretest

En esta fase inicial, se llevó a cabo una recogida de datos tras un tiempo mínimo de aprendizaje de una pieza musical simple (pretest) a fin de homogeneizar (equiparar), a través de los datos previamente recogidos, a los cinco grupos experimentales de la investigación, de forma que todos tuvieran las mismas características competenciales en flauta, en función de las puntuaciones obtenidas en los registros del audio. Para ello, se aplicó a todos los sujetos el mismo procedimiento de adquisición de la *melodía 1* (M1), distribuido en el calendario de sesiones (ver *Tabla 2*).

Octubre 2012		Grupo	Sesión	Grupo	Sesión
Jueves	18	3E	1	3D	1
Viernes	19	3B	1	3C	1
Lunes	22	3D	2	3A	1
Martes	23	3A	2	3B	2
Miércoles	24	3C	2	3E	2
Jueves	25	3E	3	3D	3
Viernes	26	3B	3	3C	3
Lunes	29	3D	4 (de evaluación)	3A	3
Martes	30	3A	4 (de evaluación)	3B	4 (de evaluación)
Miércoles	31	3C	4 (de evaluación)	3E	4 (de evaluación)

**Nota.** 3A es Grupo Control (GC); 3B es Grupo Experimental 1 (GE1); 3C es Grupo Experimental 2 (GE2); 3D es Grupo Experimental 3 (GE3); 3E es Grupo Placebo (GP). Melodía 1 (M1).

**Tabla 2.** Calendario de fase 1 de pretest (M1)

Previo a *Sesión 1 de pretest*, se impartió a toda la muestra una sesión 'cero' a modo informativo sobre las posiciones en flauta correspondientes a cada nota del pentagrama en clave de sol con la que trabajábamos.

## SESIÓN 1

Se procedió a la puesta en común de la *Melodía 1 (M1)* a toda la muestra de 147 sujetos distribuidos en los 5 grupos —3A, 3B, 3C, 3D y 3E—. La M1 tiene un diseño ondulatorio, caracterizado por la alternancia de células de movimientos conjuntos y células de movimientos disjuntos; con ámbito medio, abarca desde el Fa' al Mi'' (F4 a E5, en sistema Franco Belga Fa3 a Mi4); en registro medio-agudo sobre la escala de Do mayor.

### Melodía 1 (M1)



La sesión fue repetida en cinco ocasiones, una por grupo, con el siguiente procedimiento:

1. Audición de la M1, instando a todos los sujetos a seguir visualmente las notas de partitura mientras suena la melodía; se realizan 4 repeticiones con metrónomo a velocidad de ejecución de 60 PPM; con un tiempo transcurrido total de 5 minutos.
2. Lectura rítmica de la M1, instando a todos los sujetos a la lectura de notas con movimiento de la mano derecha para el compás de 2/4; realizándose 5 repeticiones con metrónomo a velocidad de ejecución de 60 PPM durante un tiempo total de 10 minutos.
3. Puesta en común de las siguientes pautas técnicas para la ejecución a flauta dulce en el programa:
  - La embocadura se toca levemente con los labios (no apretarlos).
  - La lengua golpea más bien contra el paladar (cielo de la boca).

- Por tanto, cada nota debemos de atacarla suavemente con la lengua.
  - Los dedos no deben colocarse verticalmente a los agujeros.
  - Los dedos de la mano izquierda tapan los 3 agujeros superiores y los 4 restante con la mano derecha.
  - Antes de comenzar a tocar, tapamos todos los agujeros para conseguir la adecuada posición de dedos y manos (tocamos la nota Do en 1ª).
  - Al destapar los agujeros los movimientos deben de ser lo más cortos posibles, ya que cuanto menor sea éste movimiento más agilidad se tendrá al tocar.
  - Por lo general las notas agudas a partir del Do en 2ª posición en adelante no deben de soplar con mayor intensidad que las grave.
4. Ejecución a flauta secuencialmente del compás 1 y 2 (primera mitad de M1). Se realizan 10 repeticiones de cada *tiempo de compás* —compuesto por una célula de cuatro semicorcheas— con metrónomo a velocidad de ejecución de 60 PPM; con un tiempo de práctica de 9 minutos.

### SESIÓN 2

Se continuó con el proceso de aprendizaje de M1 con toda la muestra —3A, 3B, 3C, 3D y 3E—. La sesión fue repetida en cinco ocasiones, una por grupo, con el siguiente procedimiento:

1. Ejecución a flauta secuencialmente del compás 3 y 4 (segunda mitad de M1); se realizan 10 repeticiones de cada *tiempo de compás* —compuesto por una célula de cuatro semicorcheas— con metrónomo a velocidad de ejecución de 60 PPM; con un tiempo de práctica de 9 minutos.
2. Ejecución a flauta secuencialmente del compás 1, 2, 3 y 4 (M1 completa); se realizan 10 repeticiones de cada *tiempo de compás* —compuesto por una célula de cuatro semicorcheas— con un tiempo de práctica de 19 minutos.
3. Ejecución a flauta de M1 completa, realizando secuencialmente 5 repeticiones de cada *compás*; con un tiempo de práctica de 9 minutos.

### SESIÓN 3

Se insta a los sujetos —3A, 3B, 3C, 3D y 3E— a continuar con la ejecución durante el ejercicio, aunque yerren alguna nota, pasando a la siguiente, para intentar, de esta forma, no perder el ritmo de la melodía. La sesión fue repetida en cinco ocasiones, una por grupo; con el siguiente procedimiento:

1. Ejecución a flauta de M1 completa, realizando secuencialmente 5 repeticiones de cada *compás*; con un tiempo de práctica de 9 minutos.
2. Ejecución a flauta de M1 completa. Esta vez, con 5 repeticiones en *grupos de dos compases* —agrupando el 1 y 2, y seguidamente 5 repeticiones del 4 y 5 agrupados—; con un tiempo de práctica de 8 minutos.
3. Ejecución a flauta de M1 completa —*empaste*—, realizando 3 repeticiones completas con metrónomo a velocidad de ejecución de 60 PPM; con un tiempo de práctica de 5 minutos.
4. Finalmente cada sujeto ejecutó individualmente la M1; con un tiempo de duración de práctica para cada grupo de 25 minutos.

### SESIÓN 4 DE EVALUACIÓN

Se procede a recoger los datos de cada participante en el estudio —3A, 3B, 3C, 3D y 3E— de la M1 ejecutados a flauta y a grabarlos en audio para su posterior análisis, señalando a los participantes que deben tratar de adecuarse a la métrica del metrónomo a 43 PPM. Al igual que en la sesión anterior, se emplaza a los sujetos a continuar con la ejecución durante la recogida de datos, aunque se yerre, con el objetivo de que la melodía se lleve a término. Cada participante ejecutó individualmente la M1. La recogida de datos por grupo duró 50 minutos aproximadamente.

Una vez realizada la evaluación del conjunto de los participantes, se procedió a su redistribución entre los 5 grupos de estudio, en función de las puntuaciones obtenidas en el componente 'tipo de errores' (ver *Tabla 10* en apartado de Resultados).

#### 3.5.2 Fase 2: de adquisición 1, retest y transferencia 1

Se procedió a la aplicación del *Programa de Intervención con restricciones* sobre el proceso de aprendizaje, según el siguiente calendario de sesiones mostrado en las *Tabla 3* y *Tabla 4*.

2012		Grupo	Sesión	Grupo	Sesión
Lunes	12 Nov.	GE3	1	GC	1
Martes	13 Nov.	GC	2	GE1	1
Miércoles	14 Nov.	GE2	1	GP	1
Jueves	15 Nov.	GP	2	GE3	2
Viernes	16 Nov.	GE1	2	GE2	2
Lunes	19 Nov.	GE3	3	GC	3
Martes	20 Nov.	GC	4	GE1	3
Miércoles	21 Nov.	GE2	3	GP	3
Jueves	22 Nov.	GP	4	GE3	4
Viernes	23 Nov.	GE1	4	GE2	4
Lunes	26 Nov.	GE3	5	GC	5
Martes	27 Nov.	GC	6	GE1	5
Miércoles	28 Nov.	GE2	5	GP	5
Jueves	29 Nov.	GP	6	GE3	6
Viernes	30 Nov.	GE1	6	GE2	6
Lunes	3 Dic.	GE3	7	GC	7
Martes	4 Dic.	-	-	GE1	7
Miércoles	5 Dic.	GE2	7	GP	7
Jueves	6 Dic.				
Viernes	7 Dic.				
Lunes	10 Dic.	GE3	8	GC	8
Martes	11 Dic.	GC	9	GE1	8
Miércoles	12 Dic.	GE2	8 (se adelantó al lunes 10 Dic.)	GP	8
Jueves	13 Dic.	GP	9	GE3	9
Viernes	14 Dic.	GE1	9	GE2	9

**Nota.** Grupo Control (GC); Grupo Experimental 1 (GE1); Grupo Experimental 2 (GE2); Grupo Experimental 3 (GE3); Grupo Placebo (GP). Melodía 2 (M2).

**Tabla 3.** Calendario de fase 2 de retest (M2).



2013		Grupo	Sesión	Grupo	Sesión
Lunes	14 Ene	GE3	10	GC	10
Martes	15 Ene	GC	11	GE1	10
Miércoles	16 Ene	GE2	10	GP	10
Jueves	17 Ene	GP	11	GE3	11
Viernes	18 Ene	GE1	11	GE2	11

Lunes	21 Ene			GC	12 (de retest)
Martes	22 Ene			GE1	12 (de retest)
Miércoles	23 Ene	GE2	12 (de retest)		
Jueves	24 Ene	GP	12 (de retest)	GE3	12 (de retest)
Viernes	25 Ene	GP	12 (de retest al resto de sujetos)		

**Nota.** Grupo Control (GC); Grupo Experimental 1 (GE1); Grupo Experimental 2 (GE2); Grupo Experimental 3 (GE3); Grupo Placebo (GP). Melodía 2 (M2).

**Tabla 4.** Calendario de fase 2 de retest (M2).

Antes de iniciar el *Programa de Aprendizaje*, se explicó la finalidad del estudio a los grupos para conseguir la implicación de los estudiantes participantes en cada sesión de trabajo, trasladándoles a los mismos varias instrucciones básicas: como realizar las sesiones sentado/a, sin apoyar los codos, intentando evitar posturas que influyan negativamente en la ejecución instrumental; se señaló a los participantes que no debían practicar con la flauta fuera del calendario del *Programa de Aprendizaje*, para evitar así influencias en el desempeño posterior como consecuencia del aumento de horas de práctica. Para ello y siguiendo el mismo protocolo en todas las sesiones: a) se depositan las flautas en un armario destinado a tal efecto para el uso en cada sesión del aula-laboratorio; b) las melodías impresas en hojas DIN-A4 numeradas se recogen al finalizar cada sesión y se ordenan para la siguiente sesión; c) el material de trabajo es custodiado en el aula-laboratorio hasta la finalización del programa.

La aplicación y control de las *restricciones* en los grupos experimentales —GE1, GE2 y GE3— durante el *Programa de Aprendizaje* tanto en *retest* como en *postest* se establecieron de la siguiente forma:

- a) La restricción visual se consiguió eliminando tanto la luz natural como artificial en toda la estancia del aula-laboratorio.
- b) La restricción auditiva se consiguió eliminando la columna de aire de la flauta y apoyando la boquilla del bisel en el mentón del ejecutante.

## SESIÓN 1

Se procedió a la puesta en común de la *Melodía 2* (M2) a toda la muestra de 147 sujetos distribuidos en los 5 grupos —3A, 3B, 3C, 3D y 3E—. La M2 es la melodía más larga del programa, tiene un diseño ondulatorio con tendencia descendente, caracterizada por la alternancia de células de movimientos conjuntos y células de movimientos disjuntos, además de progresiones con saltos descendentes y ascendentes; con ámbito medio y bajo abarca desde Do' a Do" —C4 a C5, en sistema Franco Belga Do3 a Do4—; con registro medio y grave sobre la escala de Do mayor y compás binario 2/4. Con este diseño de M2 se explotan las notas naturales de la *primera octava*, desplegando todo el registro grave —a diferencia que en la M1—; se ha incrementando la complejidad en la medida que se requieren más dedos para obstruir los correspondiente orificios para alargar la columna de aire debido al incremento de notas en el registro más grave, produciéndose el probable aumento de inestabilidades en la ejecución, la cual es proporcional a la longitud de la columna de aire. Y todo aderezado con abundantes grados disjuntos con los distintos intervalos ascendentes y descendentes. El objetivo es testear si hay diferencias significativas en la destreza a flauta entre los grupos experimentales con y sin *restricción*.

### Melodía 2 (M2)



Para esta primera sesión se procedió a la puesta en común de la M2 —sin flauta— a toda la muestra de 147 sujetos distribuidos en los cinco grupos experimentales —GC, GE1, GE2, GE3 y GP— con el siguiente procedimiento de sesión que se repitió en cinco ocasiones, una por grupo experimental:

1. Audición de la M2, instando a todos los sujetos del grupo a seguir visualmente las notas en partitura mientras suena la melodía; se realizan 3 repeticiones con metrónomo a velocidad de ejecución de 44 PPM; con un tiempo transcurrido total de 7 minutos.

2. Lectura rítmica de la M2, instando a todos los sujetos del grupo a la lectura rítmica de notas con movimientos de la mano derecha para el compás de 2/4, sin metrónomo y a una velocidad similar a la escuchada en la audición, realizándose un total de 4 repeticiones de la M2; en un tiempo de 15 minutos.

## SESIÓN 2

Comienza el proceso de aprendizaje a flauta de la M2, esta vez se aplicó el proceso diferenciado a cada uno de los cinco grupos experimentales, que incluye *restricciones* para los grupos GE1, GE2 y GE3:

1. El GC ejecuta *sin restricción* sensorial 6 repeticiones cada *tiempo de compás* —compuesto por una célula de cuatro semicorcheas—, hasta completar secuencialmente los compases 1, 2, 3 y 4 —con un total de 8 células— y un tiempo de práctica de 25 minutos.
2. El GE1 ejecuta 6 repeticiones cada *tiempo de compás* —compuesto por una célula de cuatro semicorcheas— con *restricción visual* de forma alternativa —primera ejecución de célula *sin restricción* y siguiente repetición con *restricción*—, hasta completar secuencialmente los compases 1, 2, 3 y 4 —con un total de 8 células— y un tiempo de práctica de 20 minutos.
3. El GE2 ejecuta 6 repeticiones cada *tiempo de compás* —compuesto por una célula de cuatro semicorcheas— con *restricción auditiva* de forma alternativa —primera ejecución de célula *sin restricción* y siguiente repetición con *restricción*—, hasta completar secuencialmente los compases 1, 2, 3 y 4 —con un total de 8 células— y un tiempo de práctica de 20 minutos.
4. El GE3 ejecuta 6 repeticiones cada *tiempo de compás* —compuesto por una célula de cuatro semicorcheas— con *restricción auditiva*, pero esta vez de forma *alternativa en bloque* —tres repeticiones seguidas de célula *sin restricción* y siguientes tres repeticiones seguidas con *restricción*—, hasta completar secuencialmente los compases 1, 2, 3 y 4 —con un total de 8 células— y un tiempo de práctica de 20 minutos.
5. El GP es motivado con refuerzos positivos antes de empezar la sesión; ejecuta *sin restricción* sensorial 6 repeticiones cada *tiempo de compás* —compuesto por una célula de cuatro semicorcheas—, hasta completar secuencialmente los compases 1, 2, 3 y 4 —con un total de 8 células— y un tiempo de práctica de 25 minutos.

### SESIÓN 3

Se continuó con el proceso de aprendizaje a flauta de M2, aplicando a cada grupo experimental el procedimiento diferenciado siguiente:

1. El GC ejecuta *sin restricción* sensorial 6 repeticiones individuales del *compás* 1 y 2 respectivamente —empaste de cada *compás*—; *con* un tiempo de práctica de 15 minutos.
2. El GE1 ejecuta 6 repeticiones individuales del *compás* 1 y 2 respectivamente, empastando el *compás* con *restricción visual* de forma alternativa —primera ejecución de *compás sin restricción* y siguiente repetición con *restricción*— hasta completar las 6 repeticiones; y secuencialmente los compases 1 y 2; con un tiempo de práctica de 25 minutos.
3. El GE2 ejecuta 6 repeticiones individuales del *compás* 1 y 2 respectivamente, empastando cada *compás* con *restricción auditiva* de forma alternativa —primera ejecución de *compás sin restricción* y siguiente repetición con *restricción*— hasta completar las 6 repeticiones; y secuencialmente los compases 1 y 2; con un tiempo de práctica de 22 minutos.
4. El GE3 ejecuta 6 repeticiones individuales del *compás* 1 y 2 respectivamente, empastando cada *compás* con *restricción auditiva* de forma *alternativa en bloque* —tres repeticiones seguidas de *compás sin restricción* y siguientes tres repeticiones con *restricción*— hasta completar las 6 repeticiones; y secuencialmente los compases 1 y 2; con un tiempo de práctica de 15 minutos.
5. El GP es motivado con refuerzos positivos antes de empezar la sesión; ejecuta *sin restricción* sensorial 6 repeticiones individuales del *compás* 1 y 2 respectivamente —empaste de cada *compás*—; *con* un tiempo de práctica de 18 minutos.

### SESIÓN 4

Se continuó avanzando con el proceso de aprendizaje a flauta de la M2:

1. El GC ejecuta *sin restricción* sensorial 6 repeticiones individuales del *compás* 3 y 4 respectivamente —empaste de cada *compás*—; *con* un tiempo de práctica de 18 minutos.
2. El GE1 ejecuta 6 repeticiones individuales del *compás* 3 y 4 respectivamente, empastando el *compás* con *restricción visual* de forma alternativa —primera ejecución del *compás sin restricción* y siguiente repetición con *restricción*—

hasta completar las 6 repeticiones; y secuencialmente los compases 1 y 2; con un tiempo de práctica de 27 minutos.

3. El GE2 ejecuta 6 repeticiones individuales del *compás* 3 y 4 respectivamente, empastando cada *compás* con *restricción auditiva* de forma alternativa —primera ejecución de *compás sin restricción* y siguiente repetición con *restricción*— hasta completar las 6 repeticiones; y secuencialmente los compases 1 y 2; con un tiempo de práctica de 20 minutos.
4. El GE3 ejecuta 6 repeticiones individuales del *compás* 3 y 4 respectivamente, empastando cada *compás* con *restricción auditiva* de forma *alternativa en bloque* —tres repeticiones seguidas de *compás sin restricción* y siguientes tres repeticiones con *restricción*— hasta completar las 6 repeticiones; y secuencialmente los compases 3 y 4; con un tiempo de práctica de 15 minutos.
5. El GP es motivado con refuerzos positivos antes de empezar la sesión; ejecuta *sin restricción* sensorial 6 repeticiones individuales del *compás* 3 y 4 respectivamente —empaste de cada *compás*—; con un tiempo de práctica de 18 minutos.

## SESIÓN 5

Se continuó avanzando con el proceso de aprendizaje a flauta, aplicándose el procedimiento siguiente para empastar los *compases* 1, 2, 3 y 4. Se incorporó el metrónomo a todos los grupos:

1. El GC ejecuta *sin restricción* sensorial 6 repeticiones grupalmente los *compases* 1, 2, 3 y 4 —empaste de 4 *compases*— introduciendo el metrónomo a velocidad de ejecución de 30 PPM, alternativamente en repetición impar, es decir, ejecución 1.<sup>a</sup> con metrónomo siguiente sin metrónomo —hasta completar las 6 repeticiones—; con un tiempo de práctica de 15 minutos.
2. El GE1 ejecuta 6 repeticiones grupalmente los *compases* 1, 2, 3 y 4 —empaste de 4 *compases*—, ejecutando los 4 *compases* con *restricción visual* de forma alternativa —primera ejecución *sin restricción* y siguiente repetición con *restricción*— hasta completar las 6 repeticiones; pero, ante la imposibilidad de que en la repetición *par con restricción* lean los 4 compases seguidos sin visualizar, se realizan 2 recesos con visualización antes de ejecución *con restricción*, primero los compases 1, 2 y después los compases 3 y 4. Paralelamente, con metrónomo a velocidad de ejecución de 30 PPM, sólo presente en ejecución de la repetición impar —1.<sup>a</sup> con metrónomo siguiente sin metrónomo— hasta completar las 6 repeticiones; con un tiempo de práctica de 25 minutos.

3. El GE2 ejecuta 6 repeticiones grupalmente los *compases 1, 2, 3 y 4* —empaste de 4 *compases*—, ejecutando los 4 *compases* con *restricción auditiva* de forma alternativa —primera ejecución *sin restricción* y siguiente repetición con *restricción*— hasta completar 6 repeticiones. Paralelamente, con metrónomo a velocidad de ejecución de 30 PPM, sólo presente en ejecución de la repetición impar —1.<sup>a</sup> con metrónomo siguiente sin metrónomo— hasta completar las 6 repeticiones; con un tiempo de práctica de 15 minutos.
4. El GE3 ejecuta 6 repeticiones grupalmente los *compases 1, 2, 3 y 4* —empaste de 4 *compases*—, ejecutando los 4 *compases* con *restricción auditiva* de forma *alternativa en bloque* —tres repeticiones seguidas del *grupo de compases sin restricción* y siguientes tres repeticiones con *restricción*— hasta completar las 6 repeticiones. Paralelamente, con metrónomo a velocidad de ejecución de 30 PPM, sólo presente en ejecución de la repetición impar —1.<sup>a</sup> con metrónomo siguiente sin metrónomo— hasta completar las 6 repeticiones; con un tiempo de práctica de 15 minutos.
5. El GP es motivado con refuerzos positivos antes de empezar la sesión; se insta a sujetos a  *cruzar las piernas* porque “*se consigue una posición óptima para una mejor ejecución*”. Ejecuta *sin restricción* sensorial 6 repeticiones grupalmente los *compases 1, 2, 3 y 4* —empaste de 4 *compases*—; introduciendo el metrónomo a velocidad de ejecución de 30 PPM, alternativamente en repetición impar, es decir, ejecución 1.<sup>a</sup> con metrónomo siguiente sin metrónomo —hasta completar las 6 repeticiones—; con un tiempo de práctica de 12 minutos.

## SESIÓN 6

Se continuó avanzando con el proceso de aprendizaje a flauta de la M2, aplicándose el mismo procedimiento que en sesión 2, pero para los *compases 5, 6, 7 y 8* (segunda mitad de M2):

1. El GC ejecuta *sin restricción* sensorial 6 repeticiones cada *tiempo de compás* —compuesto por una célula de cuatro semicorcheas—, hasta completar secuencialmente los *compases 5, 6, 7 y 8* —con un total de 8 células—. Finalmente, se realizó un *empaste grupal* de los *compases 1, 2, 3 y 4*; con tiempo de práctica total de 15 minutos.
2. El GE1 ejecuta 6 repeticiones cada *tiempo de compás* —compuesto por una célula de cuatro semicorcheas— con *restricción visual* de forma alternativa —primera ejecución de célula *sin restricción* y siguiente repetición con *restricción*—, hasta completar secuencialmente los *compases 5, 6, 7 y 8* —con un total

- de 8 células—. Finalmente, se realizó un *empaste grupal* de los *compases 1, 2, 3 y 4* —sin restricción—; con tiempo de práctica total de 20 minutos.
3. El GE2 ejecuta 6 repeticiones cada *tiempo de compás* —compuesto por una célula de cuatro semicorcheas— con *restricción auditiva* de forma alternativa —primera ejecución de célula *sin restricción* y siguiente repetición con *restricción*—, hasta completar secuencialmente los compases 5, 6, 7 y 8 —con un total de 8 células—. Finalmente, se realizó un *empaste grupal* de los *compases 1, 2, 3 y 4* —sin restricción—; con tiempo de práctica total de 17 minutos.
  4. El GE3 ejecuta 6 repeticiones cada *tiempo de compás* —compuesto por una célula de cuatro semicorcheas— con *restricción auditiva*, pero esta vez de forma *alternativa en bloque* —tres repeticiones seguidas de célula *sin restricción* y siguientes tres repeticiones seguidas con *restricción*—, hasta completar secuencialmente los compases 5, 6, 7 y 8 —con un total de 8 células—. Finalmente, se realizó un *empaste grupal* de los *compases 1, 2, 3 y 4* —sin restricción—; con tiempo de práctica total de 15 minutos.
  5. El GP es motivado con refuerzos positivos antes de empezar la sesión; ejecuta *sin restricción* sensorial 6 repeticiones cada *tiempo de compás* —compuesto por una célula de cuatro semicorcheas—, hasta completar secuencialmente los compases 5, 6, 7 y 8 —con un total de 8 células—. Finalmente, se realizó un *empaste grupal* de los *compases 1, 2, 3 y 4*; con tiempo de práctica total de 20 minutos.

## SESIÓN 7

Se continuó con el proceso de aprendizaje a flauta de la segunda mitad de la M2, aplicando a cada grupo experimental el mismo procedimiento ya realizado en la *sesión 3*:

1. El GC ejecuta *sin restricción* sensorial 6 repeticiones individuales del *compás 5 y 6* respectivamente —empaste de cada *compás*—. Finalmente, se realizó un *empaste grupal* de los *compases 1, 2, 3 y 4*; con un tiempo total de práctica de 12 minutos.
2. El GE1 ejecuta 6 repeticiones individuales del *compás 5 y 6* respectivamente, empastando el *compás* con *restricción visual* de forma alternativa —primera ejecución de *compás sin restricción* y siguiente repetición con *restricción*— hasta completar las 6 repeticiones, y secuencialmente los compases 5 y 6. Finalmente, se realizó un *empaste grupal* de los *compases 1, 2, 3 y 4* —sin restricción—; con un tiempo total de práctica de 15 minutos.

3. El GE2 ejecuta 6 repeticiones individuales del *compás* 5 y 6 respectivamente, empastando cada *compás* con *restricción auditiva* de forma alternativa —primera ejecución de *compás sin restricción* y siguiente repetición con *restricción*— hasta completar las 6 repeticiones, y secuencialmente los compases 5 y 6. Finalmente, se realizó un *empaste grupal* de los *compases* 1, 2, 3 y 4 —sin restricción—; con un tiempo total de práctica de 18 minutos.
4. El GE3 ejecuta 6 repeticiones individuales del *compás* 5 y 6 respectivamente, empastando cada *compás* con *restricción auditiva* de forma *alternativa en bloque* —tres repeticiones seguidas de *compás sin restricción* y siguientes tres repeticiones con *restricción*— hasta completar las 6 repeticiones, y secuencialmente los compases 5 y 6. Finalmente, se realizó un *empaste grupal* de los *compases* 1, 2, 3 y 4 —sin restricción—; con un tiempo total de práctica de 20 minutos.
5. El GP es motivado con refuerzos positivos antes de empezar la sesión; ejecuta *sin restricción* sensorial 6 repeticiones individuales del *compás* 5 y 6 respectivamente —empaste de cada *compás*—. Finalmente, se realizó un *empaste grupal* de los *compases* 1, 2, 3 y 4; con un tiempo total de práctica de 13 minutos.

## SESIÓN 8

Se continuó con el proceso de aprendizaje a flauta de la segunda mitad de la M2, aplicando a cada grupo experimental el mismo procedimiento sistemático ya realizado:

1. El GC ejecuta *sin restricción* sensorial 6 repeticiones individuales del *compás* 7 y 8 respectivamente —empaste de cada *compás*—. Finalmente, se realizó un *empaste grupal* de los *compases* 1, 2, 3 y 4; con un tiempo total de práctica de 14 minutos.
2. El GE1 ejecuta 6 repeticiones individuales del *compás* 7 y 8 respectivamente, empastando el *compás* con *restricción visual* de forma alternativa —primera ejecución de *compás sin restricción* y siguiente repetición con *restricción*— hasta completar las 6 repeticiones, y secuencialmente los compases 7 y 8. Finalmente, se realizó un *empaste grupal* de los *compases* 1, 2, 3 y 4 —sin restricción—; con un tiempo total de práctica de 22 minutos.
3. El GE2 ejecuta 6 repeticiones individuales del *compás* 7 y 8 respectivamente, empastando cada *compás* con *restricción auditiva* de forma alternativa —primera ejecución de *compás sin restricción* y siguiente repetición con *restricción*— hasta completar las 6 repeticiones, y secuencialmente los compases 7 y 8. Finalmente, se realizó un *empaste grupal* de los *compases* 1, 2, 3 y 4 —sin restricción—; con un tiempo total de práctica de 14 minutos.



4. El GE3 ejecuta 6 repeticiones individuales del *compás* 7 y 8 respectivamente, empastando cada *compás* con *restricción auditiva* de forma *alternativa en bloque* —tres repeticiones seguidas de *compás sin restricción* y siguientes tres repeticiones con *restricción*— hasta completar las 6 repeticiones, y secuencialmente los compases 7 y 8. Finalmente, se realizó un *empaste grupal* de los *compases* 1, 2, 3 y 4 —sin restricción—; con un tiempo total de práctica de 15 minutos.
5. El GP es motivado con refuerzos positivos antes de empezar la sesión; ejecuta *sin restricción* sensorial 6 repeticiones individuales del *compás* 7 y 8 respectivamente —empaste de cada *compás*—. Finalmente, se realizó un *empaste grupal* de los *compases* 1, 2, 3 y 4; con un tiempo total de práctica de 14 minutos.

## SESIÓN 9

Se continuó avanzando con el proceso de aprendizaje a flauta, aplicándose el procedimiento de sesión 5 para *empastar* los *compases* 5, 6, 7 y 8 con metrónomo:

1. El GC ejecuta *sin restricción* sensorial 6 repeticiones grupalmente los *compases* 5, 6, 7 y 8 —empaste de 4 *compases*— introduciendo el metrónomo a velocidad de ejecución de 30 PPM, alternativamente en repetición impar, es decir, ejecución 1.<sup>a</sup> con metrónomo siguiente sin metrónomo —hasta completar las 6 repeticiones—. Finalmente, se realizó un *empaste grupal* de los *compases* 1, 2, 3 y 4; con un tiempo total de práctica de 14 minutos.
2. El GE1 ejecuta 6 repeticiones grupalmente los *compases* 5, 6, 7 y 8 —empaste de 4 *compases*—, ejecutando los 4 *compases* con *restricción visual* de forma alternativa —primera ejecución *sin restricción* y siguiente repetición con *restricción*— hasta completar las 6 repeticiones; pero ante la imposibilidad de que en la repetición par *con restricción* lean los 4 compases seguidos sin visualizar, se realizan 2 recesos con visualización antes de ejecución *con restricción*, primero los compases 5, 6 y después los compases 7 y 8. Paralelamente, con metrónomo a velocidad de ejecución de 30 PPM, sólo presente en ejecución de la repetición impar —1.<sup>a</sup> con metrónomo siguiente sin metrónomo— hasta completar las 6 repeticiones. Finalmente, se realizó un *empaste grupal* de los *compases* 1, 2, 3 y 4 —sin restricción—; con un tiempo total de práctica de 20 minutos.
3. El GE2 ejecuta 6 repeticiones grupalmente los *compases* 5, 6, 7 y 8 —empaste de 4 *compases*—, ejecutando los 4 *compases* con *restricción auditiva* de forma alternativa —primera ejecución *sin restricción* y siguiente repetición con *restricción*— hasta completar 6 repeticiones. Paralelamente, con metrónomo a velocidad de ejecución de 30 PPM, sólo presente en ejecución de la repetición

- impar —1.<sup>a</sup> con metrónomo siguiente sin metrónomo— hasta completar las 6 repeticiones. Finalmente, se realizó un *empaste grupal* de los *compases* 1, 2, 3 y 4 —sin restricción—; con un tiempo total de práctica de 16 minutos.
4. El GE3 ejecuta 6 repeticiones grupalmente los *compases* 5, 6, 7 y 8 —empaste de 4 *compases*—, ejecutando los 4 *compases* con *restricción auditiva* de forma *alternativa en bloque* —tres repeticiones seguidas del *grupo de compases sin restricción* y siguientes tres repeticiones con *restricción*— hasta completar las 6 repeticiones. Paralelamente, con metrónomo a velocidad de ejecución de 30 PPM, sólo presente en ejecución de la repetición impar —1.<sup>a</sup> con metrónomo siguiente sin metrónomo— hasta completar las 6 repeticiones. Finalmente, se realizó un *empaste grupal* de los *compases* 1, 2, 3 y 4 —sin restricción—; con un tiempo total de práctica de 15 minutos.
  5. El GP es motivado con refuerzos positivos antes de empezar la sesión; se insta a sujetos a *echar hacia atrás los hombros*, porque “*se consigue una posición óptima para una mejor ejecución*”. Ejecutan *sin restricción* sensorial 6 repeticiones grupalmente los *compases* 5, 6, 7 y 8 —empaste de 4 *compases*—; introduciendo el metrónomo a velocidad de ejecución de 30 PPM, alternativamente en repetición impar, es decir, ejecución 1.<sup>a</sup> con metrónomo siguiente sin metrónomo —hasta completar las 6 repeticiones—. Finalmente, se realizó un *empaste grupal* de los *compases* 1, 2, 3 y 4; con un tiempo total de práctica de 11 minutos.

### SESIÓN 10

Sesión de *empaste completo* de la M2 con metrónomo sin restricciones, con el procedimiento siguiente:

1. El GC ejecuta *sin restricción* sensorial 4 repeticiones de M2 —de *compases* 1 a 8—; introduciendo el metrónomo a velocidad de ejecución de 30 PPM, alternativamente en repetición impar: ejecución 1.<sup>a</sup> con metrónomo siguiente sin metrónomo —hasta completar las 4 repeticiones—; con un tiempo total de práctica de 15 minutos.
2. El GE1 ejecuta *sin restricción* sensorial 4 repeticiones de M2 —de *compases* 1 a 8—; introduciendo el metrónomo a velocidad de ejecución de 30 PPM, alternativamente en repetición impar: ejecución 1.<sup>a</sup> con metrónomo siguiente sin metrónomo —hasta completar las 4 repeticiones—; con un tiempo total de práctica de 15 minutos.
3. El GE2 ejecuta *sin restricción* sensorial 4 repeticiones de M2 —de *compases* 1 a 8—; introduciendo el metrónomo a velocidad de ejecución de 30 PPM,

alternativamente en repetición impar: ejecución 1.<sup>a</sup> con metrónomo siguiente sin metrónomo —hasta completar las 4 repeticiones—; con un tiempo total de práctica de 15 minutos.

4. El GE3 ejecuta *sin restricción* sensorial 4 repeticiones de M2 —de *compases 1 a 8*—; introduciendo el metrónomo a velocidad de ejecución de 30 PPM, alternativamente en repetición impar: ejecución 1.<sup>a</sup> con metrónomo siguiente sin metrónomo —hasta completar las 4 repeticiones—; con un tiempo total de práctica de 15 minutos.
5. El GP es motivado con refuerzos positivos antes de empezar la sesión; se insta a sujetos a *echar hacia atrás los hombros*, porque “*se consigue una posición óptima para una mejor ejecución*”. Ejecuta *sin restricción* sensorial 4 repeticiones de M2 —de *compases 1 a 8*—; introduciendo el metrónomo a velocidad de ejecución de 30 PPM, alternativamente en repetición impar: ejecución 1.<sup>a</sup> con metrónomo siguiente sin metrónomo —hasta completar las 4 repeticiones—; con un tiempo total de práctica de 15 minutos.

## SESIÓN 11

Última sesión de *empaste completo* de M2 con metrónomo sin restricciones, con mismo procedimiento de sesión anterior:

1. El GC ejecuta *sin restricción* sensorial 4 repeticiones de M2 —de *compases 1 a 8*—; introduciendo el metrónomo a velocidad de ejecución de 30 PPM, alternativamente en repetición impar: ejecución 1.<sup>a</sup> con metrónomo siguiente sin metrónomo —hasta completar las 4 repeticiones—; con un tiempo total de práctica de 15 minutos.
2. El GE1 ejecuta *sin restricción* sensorial 4 repeticiones de M2 —de *compases 1 a 8*—; introduciendo el metrónomo a velocidad de ejecución de 30 PPM, alternativamente en repetición impar: ejecución 1.<sup>a</sup> con metrónomo siguiente sin metrónomo —hasta completar las 4 repeticiones—; con un tiempo total de práctica de 15 minutos.
3. El GE2 ejecuta *sin restricción* sensorial 4 repeticiones de M2 —de *compases 1 a 8*—; introduciendo el metrónomo a velocidad de ejecución de 30 PPM, alternativamente en repetición impar: ejecución 1.<sup>a</sup> con metrónomo siguiente sin metrónomo —hasta completar las 4 repeticiones—; con un tiempo total de práctica de 15 minutos.

4. El GE3 ejecuta *sin restricción* sensorial 4 repeticiones de M2 —de *compases 1 a 8*—; introduciendo el metrónomo a velocidad de ejecución de 30 PPM, alternativamente en repetición impar: ejecución 1.<sup>a</sup> con metrónomo siguiente sin metrónomo —hasta completar las 4 repeticiones—; con un tiempo total de práctica de 15 minutos.
5. El GP es motivado con refuerzos positivos antes de empezar la sesión; se insta a sujetos a *echar hacia atrás los hombros*, porque “*se consigue una posición óptima para una mejor ejecución*”. Ejecuta *sin restricción* sensorial 4 repeticiones de M2 —de *compases 1 a 8*—; introduciendo el metrónomo a velocidad de ejecución de 30 PPM, alternativamente en repetición impar: ejecución 1.<sup>a</sup> con metrónomo siguiente sin metrónomo —hasta completar las 4 repeticiones—; con un tiempo total de práctica de 15 minutos.

## SESIÓN 12: RECOGIDA DE DATOS DEL RETEST Y PRUEBA DE TRANSFERENCIA 1

Se recogen los datos en audio y video de los grupos experimentales —GC, GE1, GE2, GE3 y GP—. Los sujetos ejecutarán individualmente sin restricciones sensoriales la M2 en la misma aula-laboratorio donde se realizaron sesiones anteriores del Programa de Aprendizaje. Cada sujeto realizará dos ejecuciones de la M2; la primera a velocidad de 30 PPM —misma velocidad de sesiones anteriores de adquisición—, y la segunda de *transferencia (1)* a una velocidad de 45 PPM:

- El GC realizó el *retest* el lunes 21/01/2013 (3 sujetos se aplazan al martes 22/01/2013).
- El GE1 realizó el *retest* el martes 22/01/2013.
- El GE2 realizó el *retest* el miércoles 23/01/2013 (2 sujetos se aplazan al jueves 24/01/2013).
- El GE3 realizó el *retest* el jueves 24/01/2013.
- El GP realizó el *retest* el jueves 24/01/2013, 12 sujetos (10 sujetos se aplazan al Viernes 25/01/2013).

### 3.5.3 Fase 3: de adquisición 2, postest y pruebas de transferencia 2 y 3

Se procedió con la aplicación del *Programa de Intervención* con *restricciones* sobre el proceso de aprendizaje, distribuido en el calendario de sesiones de la *Tabla 5*.

2013		Grupo	Sesión	Grupo	Sesión
Miércoles	30 Ene.	GE2	13	GP	13
Jueves	31 Ene.	GP	14	GE3	13
Viernes	1 Feb.	GE1	13	GE2	14
Lunes	4 Feb.	GE3	14	GC	13
Martes	5 Feb.	GC	14	-	-
Miércoles	6 Feb.	GE2	15	GP	15
Jueves	7 Feb.	-	-	GE3	15
Viernes	8 Feb.	GE1	14	GE2	16
Lunes	11 Ene.	GE3	16	GC	15
Martes	12 Ene.	GC	16	GE1	15
Miércoles	13 Ene.	GE2	17	GP	16
Jueves	14 Ene.	GP	17	GE3	17
Viernes	15 Feb.	GE1	16	GE2	18
Lunes	18 Feb.	GE3	18	GC	17
Martes	19 Feb.	GC	18	GE1	17
Miércoles	20 Feb.	GE2	19, 20 (de postest)	GP	18
Jueves	21 Feb.	GP	19	GE3	19, 20 (de postest)
Viernes	22 Feb.	GE1	18		
Viernes	22 Feb.	GP	20 (de postest)		
Lunes	25 Feb.			GC	19, 20 (de postest)
Martes	26 Feb.	GC	20 (de postest al resto de sujetos)	GE1	19, 20 (de postest)
Miércoles	27 Feb.	GP	20 (de postest al resto de sujetos)		

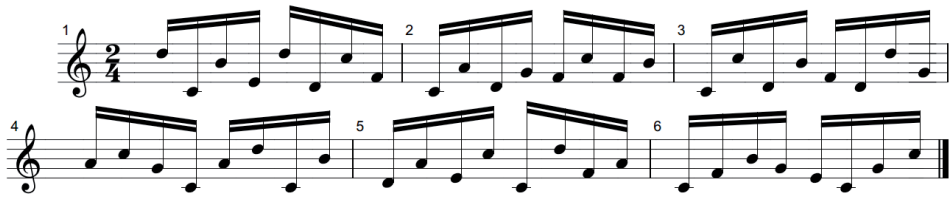
**Nota.** Grupo Control (GC); Grupo Experimental 1 (GE1); Grupo Experimental 2 (GE2); Grupo Experimental 3 (GE3); Grupo Placebo (GP). Melodía 3 (M3).

**Tabla 5.** Calendario de fase 3 de postest (M3)

## SESIÓN 13

Se procedió a la puesta en común de la *Melodía 3* (M3) a toda la muestra de 147 sujetos distribuidos en los 5 grupos experimentales —3A, 3B, 3C, 3D y 3E—. La M3 tiene un diseño quebrado, caracterizada por la ausencia de movimientos conjuntos y la 'dictadura' de células de movimientos disjuntos; en ámbito medio y bajo que abarca desde el Do' al Re'' —C4 a D5, en sistema Franco Belga Do3 a Re4—, con registro medio y grave sobre la escala de Do y compás binario 2/4. Con este diseño de M3 se explotan todas las notas de la *primera octava*, desplegando todo el registro grave como en M2, pero añadiendo el carácter atonal —evitando el procedimiento melódico tradicional de composición— basado en un único principio compositivo que consiste en evitar repetir movimientos de manos iguales para la consecución de las posiciones —de las notas— durante los 6 compases de duración. Con este nuevo diseño pretendemos testear las posibles diferencias significativas en la destreza a flauta desde otra perspectiva compositiva entre los grupos experimentales con y sin *restricción*.

### Melodía 3 (M3)



Para esta primera sesión se procedió a la puesta en común de la M3 a flauta con *restricciones*; aplicándose el mismo proceso diferenciado de M2 a cada uno de los cinco grupos experimentales, que incluye *restricciones* para los grupos GE1, GE2 y GE3; aunque con matices procedimentales con respecto al procedimiento realizado en M2 que se detallan a continuación:

1. El GC ejecuta *sin restricción* sensorial 6 repeticiones cada *tiempo de compás* —compuesto por una célula de cuatro semicorcheas—, hasta completar secuencialmente las dos células del compás 1; seguidamente se empasta el compás 1 con otras 6 repeticiones; con un tiempo de práctica total de 15 minutos.
2. El GE1 ejecuta 6 repeticiones cada *tiempo de compás* —compuesto por una célula de cuatro semicorcheas— con *restricción visual* de forma alternativa —primera ejecución de célula *sin restricción* y siguiente repetición con *restricción*—, hasta completar secuencialmente las dos células del compás 1; segui-

- damente se empasta el compás 1 con otras 6 repeticiones —sin restricciones—; con un tiempo de práctica total de 15 minutos.
3. El GE2 ejecuta 6 repeticiones cada *tiempo de compás* —compuesto por una célula de cuatro semicorcheas— con *restricción auditiva* de forma alternativa —primera ejecución de célula *sin restricción* y siguiente repetición con *restricción*—, hasta completar secuencialmente las dos células del compás 1; seguidamente se empasta el compás 1 con otras 6 repeticiones —sin restricciones—; con un tiempo de práctica total de 15 minutos.
  4. El GE3 ejecuta 6 repeticiones cada *tiempo de compás* —compuesto por una célula de cuatro semicorcheas— con *restricción auditiva*, pero esta vez de forma *alternativa en bloque* —tres repeticiones seguidas de célula *sin restricción* y siguientes tres repeticiones seguidas con *restricción*—, hasta completar secuencialmente las dos células del compás 1; seguidamente se empasta el compás 1 con otras 6 repeticiones —sin restricciones—; con un tiempo de práctica total de 15 minutos.
  5. El GP es motivado con refuerzos positivos antes de empezar la sesión; ejecuta *sin restricción* sensorial 6 repeticiones cada *tiempo de compás* —compuesto por una célula de cuatro semicorcheas—, hasta completar secuencialmente las dos células del compás 1; seguidamente se empasta el compás 1 con otras 6 repeticiones; con un tiempo de práctica total de 15 minutos.

## SESIÓN 14

1. El GC ejecuta *sin restricción* sensorial 6 repeticiones cada *tiempo de compás* —compuesto por una célula de cuatro semicorcheas—, hasta completar secuencialmente las dos células del compás 2; seguidamente se empasta el compás 2 con 6 repeticiones; y a continuación se empasta conjuntamente el compás 1 y 2 con otras 6 repeticiones; con un tiempo de práctica total de 17 minutos.
2. El GE1 ejecuta 6 repeticiones cada *tiempo de compás* —compuesto por una célula de cuatro semicorcheas— con *restricción visual* de forma alternativa —primera ejecución de célula *sin restricción* y siguiente repetición con *restricción*—, hasta completar secuencialmente las dos células del compás 2; seguidamente se empasta el compás 2 con 6 repeticiones —sin restricciones— y, a continuación, se empasta conjuntamente el compás 1 y 2 con otras 6 repeticiones —sin restricciones—; con un tiempo de práctica total de 25 minutos.
3. El GE2 ejecuta 6 repeticiones cada *tiempo de compás* —compuesto por una célula de cuatro semicorcheas— con *restricción auditiva* de forma alternativa —primera ejecución de célula *sin restricción* y siguiente repetición con

*restricción*—, hasta completar secuencialmente las dos células del compás 2; seguidamente se empasta el compás 2 con 6 repeticiones —sin *restricciones*— y, a continuación, se empasta conjuntamente el compás 1 y 2 con otras 6 repeticiones —sin *restricciones*—; con un tiempo de práctica total de 25 minutos.

4. El GE3 ejecuta 6 repeticiones cada *tiempo de compás* —compuesto por una célula de cuatro semicorcheas— con *restricción auditiva*, pero esta vez de forma *alternativa en bloque* —tres repeticiones seguidas de célula *sin restricción* y siguientes tres repeticiones seguidas con *restricción*—, hasta completar secuencialmente las dos células del compás 2; seguidamente se empasta el compás 2 con 6 repeticiones —sin *restricciones*— y, a continuación, se empasta conjuntamente el compás 1 y 2 con otras 6 repeticiones —sin *restricciones*—; con un tiempo de práctica total de 20 minutos.
5. El GP es motivado con refuerzos positivos antes de empezar la sesión; ejecuta *sin restricción* sensorial 6 repeticiones cada *tiempo de compás* —compuesto por una célula de cuatro semicorcheas—, hasta completar secuencialmente las dos células del compás 2; seguidamente se empasta el compás 2 con 6 repeticiones; y a continuación se empasta conjuntamente el compás 1 y 2 con otras 6 repeticiones; con un tiempo de práctica total de 18 minutos.

## SESIÓN 15

1. El GC ejecuta *sin restricción* sensorial 6 repeticiones cada *tiempo de compás* —compuesto por una célula de cuatro semicorcheas—, hasta completar secuencialmente las dos células del compás 3; seguidamente se empasta el compás 3 con 6 repeticiones; y a continuación se empasta conjuntamente el compás 1, 2 y 3 con otras 6 repeticiones; con un tiempo de práctica total de 23 minutos.
2. El GE1 ejecuta 6 repeticiones cada *tiempo de compás* —compuesto por una célula de cuatro semicorcheas— con *restricción visual* de forma alternativa —primera ejecución de célula *sin restricción* y siguiente repetición con *restricción*—, hasta completar secuencialmente las dos células del compás 3; seguidamente se empasta el compás 3 con 6 repeticiones —sin *restricciones*— y, a continuación, se empasta conjuntamente el compás 1, 2 y 3 con otras 6 repeticiones —sin *restricciones*—; con un tiempo de práctica total de 25 minutos.
3. El GE2 ejecuta 6 repeticiones cada *tiempo de compás* —compuesto por una célula de cuatro semicorcheas— con *restricción auditiva* de forma alternativa —primera ejecución de célula *sin restricción* y siguiente repetición con *restricción*—, hasta completar secuencialmente las dos células del compás 3; seguidamente se empasta el compás 3 con 6 repeticiones —sin *restricciones*— y,



a continuación, se empasta conjuntamente el compás 1, 2 y 3 con otras 6 repeticiones —sin restricciones—; con un tiempo de práctica total de 20 minutos.

4. El GE3 ejecuta 6 repeticiones cada *tiempo de compás* —compuesto por una célula de cuatro semicorcheas— con *restricción auditiva*, pero esta vez de forma *alternativa en bloque* —tres repeticiones seguidas de célula *sin restricción* y siguientes tres repeticiones seguidas con *restricción*—, hasta completar secuencialmente las dos células del compás 3; seguidamente se empasta el compás 3 con 6 repeticiones —sin restricciones— y, a continuación, se empasta conjuntamente el compás 1, 2 y 3 con otras 6 repeticiones —sin restricciones—; con un tiempo de práctica total de 20 minutos.
5. El GP es motivado con refuerzos positivos antes de empezar la sesión; ejecuta *sin restricción* sensorial 6 repeticiones cada *tiempo de compás* —compuesto por una célula de cuatro semicorcheas—, hasta completar secuencialmente las dos células del compás 3; seguidamente se empasta el compás 3 con 6 repeticiones; y a continuación se empasta conjuntamente el compás 1, 2 y 3 con otras 6 repeticiones; con un tiempo de práctica total de 20 minutos.

## SESIÓN 16

1. El GC ejecuta *sin restricción* sensorial 6 repeticiones cada *tiempo de compás* —compuesto por una célula de cuatro semicorcheas—, hasta completar secuencialmente las dos células del compás 4; seguidamente se empasta el compás 4 con 6 repeticiones; finalmente se realiza 1 empaste conjunto de compases 1, 2 y 3; con un tiempo de práctica total de 12 minutos.
2. El GE1 ejecuta 6 repeticiones cada *tiempo de compás* —compuesto por una célula de cuatro semicorcheas— con *restricción visual* de forma alternativa —primera ejecución de célula *sin restricción* y siguiente repetición con *restricción*—, hasta completar secuencialmente las dos células del compás 4; seguidamente se empasta el compás 4 con 6 repeticiones —sin restricciones—; finalmente se realiza 1 empaste conjunto de compases 1, 2 y 3; —sin restricciones—; con un tiempo de práctica total de 13 minutos.
3. El GE2 ejecuta 6 repeticiones cada *tiempo de compás* —compuesto por una célula de cuatro semicorcheas— con *restricción auditiva* de forma alternativa —primera ejecución de célula *sin restricción* y siguiente repetición con *restricción*—, hasta completar secuencialmente las dos células del compás 4; seguidamente se empasta el compás 4 con 6 repeticiones —sin restricciones—; finalmente se realiza 1 empaste conjunto de compases 1, 2 y 3; —sin restricciones—; con un tiempo de práctica total de 15 minutos.

4. El GE3 ejecuta 6 repeticiones cada *tiempo de compás* —compuesto por una célula de cuatro semicorcheas— con *restricción auditiva*, pero esta vez de forma *alternativa en bloque* —tres repeticiones seguidas de célula *sin restricción* y siguientes tres repeticiones seguidas con *restricción*—, hasta completar secuencialmente las dos células del compás 4; seguidamente se empasta el compás 4 con 6 repeticiones —*sin restricciones*—; finalmente se realiza 1 empaste conjunto de compases 1, 2 y 3; —*sin restricciones*—; con un tiempo de práctica total de 15 minutos.
5. El GP es motivado con refuerzos positivos antes de empezar la sesión; ejecuta *sin restricción* sensorial 6 repeticiones cada *tiempo de compás* —compuesto por una célula de cuatro semicorcheas—, hasta completar secuencialmente las dos células del compás 4; seguidamente se empasta el compás 4 con 6 repeticiones; finalmente se realiza 1 empaste conjunto de compases 1, 2 y 3; con un tiempo de práctica total de 15 minutos.

## SESIÓN 17

1. El GC ejecuta *sin restricción* sensorial 6 repeticiones cada *tiempo de compás* —compuesto por una célula de cuatro semicorcheas—, hasta completar secuencialmente las dos células del compás 5; seguidamente se empasta conjuntamente el compás 4 y 5 con 6 repeticiones; finalmente se realiza 1 empaste conjunto de compases 1, 2 y 3; con un tiempo de práctica total de 15 minutos.
2. El GE1 ejecuta 6 repeticiones cada *tiempo de compás* —compuesto por una célula de cuatro semicorcheas— con *restricción visual* de forma alternativa —primera ejecución de célula *sin restricción* y siguiente repetición con *restricción*—, hasta completar secuencialmente las dos células del compás 5; seguidamente se empasta conjuntamente el compás 4 y 5 con 6 repeticiones —*sin restricciones*—; finalmente se realiza 1 empaste conjunto de compases 1, 2 y 3; —*sin restricciones*—; con un tiempo de práctica total de 20 minutos.
3. El GE2 ejecuta 6 repeticiones cada *tiempo de compás* —compuesto por una célula de cuatro semicorcheas— con *restricción auditiva* de forma alternativa —primera ejecución de célula *sin restricción* y siguiente repetición con *restricción*—, hasta completar secuencialmente las dos células del compás 5; seguidamente se empasta conjuntamente el compás 4 y 5 con 6 repeticiones —*sin restricciones*—; finalmente se realiza 1 empaste conjunto de compases 1, 2 y 3; —*sin restricciones*—; con un tiempo de práctica total de 20 minutos.
4. El GE3 ejecuta 6 repeticiones cada *tiempo de compás* —compuesto por una célula de cuatro semicorcheas— con *restricción auditiva*, pero esta vez de forma

*alternativa en bloque* —tres repeticiones seguidas de célula *sin restricción* y siguientes tres repeticiones seguidas con *restricción*—, hasta completar secuencialmente las dos células del compás 5; seguidamente se empasta conjuntamente el compás 4 y 5 con 6 repeticiones —*sin restricciones*—; finalmente se realiza 1 empaste conjunto de compases 1, 2 y 3; —*sin restricciones*—; con un tiempo de práctica total de 25 minutos.

5. El GP es motivado con refuerzos positivos antes de empezar la sesión; se insta a sujetos a *apoyar la planta de los pies en plano con el suelo* porque “*se consigue una posición óptima para una mejor ejecución*”. Ejecuta *sin restricción* sensorial 6 repeticiones cada *tiempo de compás* —compuesto por una célula de cuatro semicorcheas—, hasta completar secuencialmente las dos células del compás 5; seguidamente se empasta conjuntamente el compás 4 y 5 con 6 repeticiones; finalmente se realiza 1 empaste conjunto de compases 1, 2 y 3; con un tiempo de práctica total de 16 minutos.

## SESIÓN 18

1. El GC ejecuta *sin restricción* sensorial 6 repeticiones cada *tiempo de compás* —compuesto por una célula de cuatro semicorcheas—, hasta completar secuencialmente las dos células del compás 6; seguidamente se empasta conjuntamente el compás 4, 5 y 6 con 6 repeticiones; finalmente se realiza 1 empaste conjunto de compases 1, 2 y 3; con un tiempo de práctica total de 15 minutos.
2. El GE1 ejecuta 6 repeticiones cada *tiempo de compás* —compuesto por una célula de cuatro semicorcheas— con *restricción visual* de forma alternativa —primera ejecución de célula *sin restricción* y siguiente repetición con *restricción*—, hasta completar secuencialmente las dos células del compás 6; seguidamente se empasta conjuntamente el compás 4, 5 y 6 con 6 repeticiones —*sin restricciones*—; finalmente se realiza 1 empaste conjunto de compases 1, 2 y 3; —*sin restricciones*—; con un tiempo de práctica total de 26 minutos.
3. El GE2 ejecuta 6 repeticiones cada *tiempo de compás* —compuesto por una célula de cuatro semicorcheas— con *restricción auditiva* de forma alternativa —primera ejecución de célula *sin restricción* y siguiente repetición con *restricción*—, hasta completar secuencialmente las dos células del compás 6; seguidamente se empasta conjuntamente el compás 4, 5 y 6 con 6 repeticiones —*sin restricciones*—; finalmente se realiza 1 empaste conjunto de compases 1, 2 y 3; —*sin restricciones*—; con un tiempo de práctica total de 25 minutos.
4. El GE3 ejecuta 6 repeticiones cada *tiempo de compás* —compuesto por una célula de cuatro semicorcheas— con *restricción auditiva*, pero esta vez de

forma *alternativa en bloque* —tres repeticiones seguidas de célula *sin restricción* y siguientes tres repeticiones seguidas con *restricción*—, hasta completar secuencialmente las dos células del compás 6; seguidamente se empasta conjuntamente el compás 4, 5 y 6 con 6 repeticiones —*sin restricciones*—; finalmente se realiza 1 empaste conjunto de compases 1, 2 y 3; —*sin restricciones*—; con un tiempo de práctica total de 21 minutos.

5. El GP es motivado con refuerzos positivos antes de empezar la sesión; se insta a sujetos a *apoyar la planta de los pies en plano con el suelo* porque “*se consigue una posición óptima para una mejor ejecución*”. Ejecuta *sin restricción* sensorial 6 repeticiones cada *tiempo de compás* —compuesto por una célula de cuatro semicorcheas—, hasta completar secuencialmente las dos células del compás 6; seguidamente se empasta conjuntamente el compás 4, 5 y 6 con 6 repeticiones; finalmente se realiza 1 empaste conjunto de compases 1, 2 y 3; con un tiempo de práctica total de 14 minutos.

## SESIÓN 19

Última sesión de *empaste completo* de M3 con metrónomo sin restricciones para todos los grupos experimentales:

1. El GC ejecuta *sin restricción* sensorial 6 repeticiones de M3 —de *compases 1 a 6*—; introduciendo el metrónomo a velocidad de ejecución de 39 PPM, alternativamente en repetición impar: ejecución 1.<sup>a</sup> con metrónomo siguiente sin metrónomo —hasta completar las 6 repeticiones—; con un tiempo total de práctica de 15 minutos.
2. El GE1 ejecuta *sin restricción* sensorial 6 repeticiones de M3 —de *compases 1 a 6*—; introduciendo el metrónomo a velocidad de ejecución de 39 PPM, alternativamente en repetición impar: ejecución 1.<sup>a</sup> con metrónomo siguiente sin metrónomo —hasta completar las 6 repeticiones—; con un tiempo total de práctica de 16 minutos.
3. El GE2 ejecuta *sin restricción* sensorial 6 repeticiones de M3 —de *compases 1 a 6*—; introduciendo el metrónomo a velocidad de ejecución de 39 PPM, alternativamente en repetición impar: ejecución 1.<sup>a</sup> con metrónomo siguiente sin metrónomo —hasta completar las 6 repeticiones—; con un tiempo total de práctica de 15 minutos.
4. El GE3 ejecuta *sin restricción* sensorial 6 repeticiones de M3 —de *compases 1 a 6*—; introduciendo el metrónomo a velocidad de ejecución de 39 PPM, alternativamente en repetición impar: ejecución 1.<sup>a</sup> con metrónomo siguiente

sin metrónomo —hasta completar las 6 repeticiones—; con un tiempo total de práctica de 17 minutos.

5. El GP ejecuta *sin restricción* sensorial 6 repeticiones de M3 —de *compases 1 a 6*—; introduciendo el metrónomo a velocidad de ejecución de 39 PPM, alternativamente en repetición impar: ejecución 1.<sup>a</sup> con metrónomo siguiente sin metrónomo —hasta completar las 6 repeticiones—; con un tiempo total de práctica de 14 minutos.

## SESIÓN 20. RECOGIDA DE DATOS DEL POSTEST Y PRUEBAS DE TRANSFERENCIA 2 Y 3

Una vez finalizado el *Programa de Aprendizaje*, se cita a todos los grupos, la última semana de febrero para recoger los datos con video y audio, para su posterior análisis. Todos los sujetos de todos los grupos realizan la prueba *posttest* consistente en 3 ejecuciones seguidas en el siguiente orden:

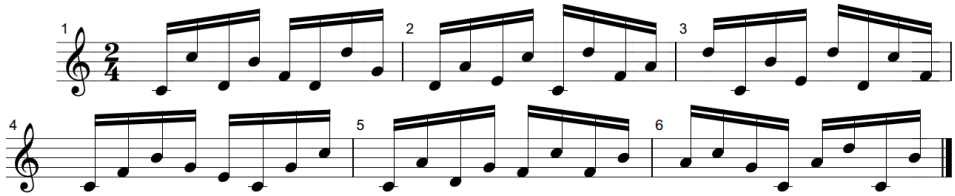
- a) Ejecución a flauta de M3 —sin restricciones— con metrónomo a la velocidad de 39 PPM como se practicó en sesiones de *Programa de Aprendizaje*.
- b) Ejecución a flauta de M3 —sin restricciones— con metrónomo a la velocidad de 52 PPM de *transferencia (2)*.
- c) Ejecución a flauta de *Melodía 4 (M4)* —sin restricciones— con metrónomo a la velocidad de 39 PPM de *transferencia (3)*.

### Transferencia

En la misma sesión de recogida de datos del *posttest*, se emplazó a cada sujeto de toda la muestra a realizar las pruebas de *transferencia 2 y 3* con metrónomo —cada nota ejecutada debe coincidir con cada pulso del metrónomo como en pruebas anteriores—.

La *Transferencia 2* (la denominamos así para no confundirla con la *transferencia 1* realizada en *retest* con M2) consistió en la ejecución de la M3 a una velocidad superior, nunca practicada con metrónomo de 52 PPM. La prueba de *Transferencia 3* consistió en la ejecución de *Melodía 4 (M4)* a velocidad practicada de metrónomo de 39 PPM. La M4 es exactamente igual a la M3, pero con el orden de los compases desordenados —aunque manteniendo el mismo orden interno de las células y de las notas de cada compás—.

Melodía 4 (M4)



3.5.3.1 ENCUESTA DE CALIDAD SONORA DE LA FLAUTA DULCE A SEIS EXPERTOS

Una vez realizadas las grabaciones, se procedió a establecer los criterios de la valoración de la calidad sonora por parte de los expertos. Se escogen cinco melodías de las grabaciones al azar de la fase 3 de posttest. Con respecto a la calidad sonora, realizamos el cuestionario 1 —elaborado por el autor de esta tesis, ver Anexo II— a seis expertos en flauta, el cual consistió en dar la opinión —calificando de 1 a 10 el grado de acuerdo / desacuerdo— sobre los dos adjetivos más utilizados en la encuesta del timbre de flauta realizada por Linortner (2001) — ver *Tabla 6*—; tomando una descripción inicial de estos dos adjetivos del trabajo de Traube (2004) —ver *Tabla 7*—.

Adjetivos utilizados	
Flauta 1	<i>oscuro, pesado, no muy colorido</i>
Flauta 2	<i>brillante, suave, delgado, hermoso sonido en la posición alta, radiante, agudo</i>
Flauta 3	<i>brillante, suave, bueno oscilando, cerca de la altura</i>
Flauta 4	<i>brillante, hermoso, cercano</i>
Flauta 5	<i>brillante, redondo, cálido, difícil</i>
Flauta 6	<i>aburrido, oscuro, lleno</i>
Flauta 7	<i>oscuro, delgado, no mucho color</i>
Tomamos <i>brillante y oscuro</i> , los dos adjetivos más usados en el trabajo de Linortner.	

**Nota.** Datos extraídos del trabajo de Linortner (2001) sobre la encuesta realizada a siete flautistas profesionales, los cuales calificaron el sonido de varias flautas.

**Tabla 6.** Clasificación de adjetivos del timbre de la flauta de Linortner (2001).

Donde el sonido *brillante* es un sonido limpio, puro y luminoso, muy presente y resonante que no muere rápidamente; es un timbre adecuado para pasajes rápidos y recuerda al sonido penetrante de un pájaro que puede escucharse desde lejos. Y el sonido *oscuro* es un sonido opaco, mate, profundo, hueco y aterciopelado; no es agresivo y posee muchos armónicos bajos. Es más bien suave y refiere una atmósfera pesada de una composición (Traube, 2004).

El cuestionario 1 se dividió en dos partes: la primera (ver *Tabla 7*) valoraron el grado de acuerdo (de los seis expertos) con las definiciones realizadas por Traube (2004) sobre sonido *Brillante* y *Oscuro* y la posibilidad de que el experto aporte su experiencia para completar la definición. Y en segundo lugar, los expertos evaluaron el grado de *brillante* y *oscuro* de cinco audios a flauta dados al azar (extraídos de la prueba *postest*) (ver *Tabla 8*) (ver apartado de Discusión 5.6. de la Calidad Sonora).

	Años de experiencia	Adjetivo	Grado de acuerdo	Observación del experto
Experto 1	20	Brillante	7	<i>“En cuanto a la descripción ‘resonante’, opino que no es así. Este adjetivo lo utilizaría para sonidos oscuros, ya que, el oído humano percibe con más claridad frecuencias graves que agudas”</i>
		Oscuro	7	<i>“El adjetivo ‘hueco’ no lo comparto dentro de dicha descripción, ya que se contradice con ‘profundo’, que, creo, sí describe un sonido oscuro”</i>
Experto 2	12	Brillante	8	<i>“Estoy de acuerdo con la definición si el adjetivo ‘resonante’ se refiere a un sonido ‘timbrado’ (rico en armónicos)”</i>
		Oscuro	5	<i>“En mi opinión, un sonido oscuro es íntimo, con volumen y denso”</i>
Experto 3	20	Brillante	8	—
		Oscuro	8	
Experto 4	12	Brillante	8	—
		Oscuro	8	
Experto 5	14	Brillante	7	—
		Oscuro	8	
Experto 6	9	Brillante	6	<i>“Yo sustituiría la frase ‘muy presente y resonante que no muere rápidamente’ por: su agudeza resalta entre otros sonidos de gamas medias o graves, pero cuya onda sonora desaparece antes que la de estos”</i>
		Oscuro	6	<i>“Yo añadiría que es envolvente y elegante, supone el comienzo de una nueva frase o semifrase musical y sirve de contraste con el sonido brillante”</i>

**Nota.** Fuente: Resultados extraídos de encuesta de Cuestionario 1 (ver Anexo II). Calificación de 1 a 10 de cada adjetivo de Traube, siendo el 1 poco de acuerdo y el 10 muy de acuerdo.

**Tabla 7.** Grado de acuerdo de encuesta a seis expertos sobre la definición de brillante y oscuro dada por Traube (2004).

	Audio 1		Audio 2		Audio 3		Audio 4		Audio 5	
	Brillante	Oscuro	Brillante	Oscuro	Brillante	Oscuro	Brillante	Oscuro	Brillante	Oscuro
Experto 1	2,4	1,2	2,4	1,2	1,6	2,4	1,2	2,8	1,2	2,8
Experto 2	2,4	1,6	2,8	1,2	2	3,2	1,2	3,2	1,2	3,2
Experto 3	2,4	3,2	2,8	3,2	2,4	2,4	3,2	3,2	2,8	3,2
Experto 4	2,8	1,6	3,2	2,4	2,8	2	3,2	2,8	3,2	2,8
Experto 5	3,2	1,6	3,2	2	2,8	2	3,2	2,4	3,2	2,8
Experto 6	2,4	1,6	2,8	2	1,2	0,8	3,2	2,8	2,8	2,4

Nota. Fuente: Resultados extraídos de encuesta realizada con Cuestionario 1 (ver Anexo II).

**Tabla 8.** Resultados de evaluación grado de brillante/oscurο de 5 audios del postest por seis expertos.

### 3.5.4 Fase 4: Sesión 21 de recogida de datos de la prueba de retención

Transcurridas aproximadamente cinco semanas desde la finalización de la fase de *postest* y adquisición de M3, cada sujeto la volvió a interpretar de forma individual —sin restricciones—, a la misma velocidad de metrónomo de 39 PPM realizada en *postest* (ver calendario de *Tabla 9*).

2013	Grupo	Sesión 21	Grupo	Sesión
Viernes 28 Mar.	GE2	de retención	GP	de retención
Lunes 31 Mar.	GC	de retención	GE3	de retención
Martes 1 Abr.	GE1	de retención		

Nota. Grupo Control (GC); Grupo Experimental 1 (GE1); Grupo Experimental 2 (GE2); Grupo Experimental 3 (GE3); Grupo Placebo (GP). Melodía 3 (M3).

**Tabla 9.** Calendario de fase 4 de prueba de la retención con M3.



### 3.6. Análisis de los datos

Se obtuvieron las medidas de los datos registrados para cada individuo: como la media, la desviación típica, la normalidad de la distribución de los datos para cada grupo y la variable estudiada (se evaluó mediante la prueba de *Kolmogorov-Smirnov*). También se verificó la homogeneidad de la varianza entre los grupos, utilizando el test de *Levene*. Las diferencias intergrupos se hallaron utilizando el ANOVA de un solo factor con *post hoc* de *Bonferroni*. Las diferencias en la evolución de *pretest-retest-posttest-retención* para cada grupo y variable se examinaron utilizando la prueba *t* de *Student* para muestras pareadas. Para el análisis estadístico de los datos se utilizó el programa informático SPSS® versión 24.0 para Mac® (SPSS Inc., Chicago, IL, EE.UU.) y Excel® Microsoft® 2016 para Mac® versión 15.23.1.



# 4

## RESULTADOS

Habiendo presentado en los anteriores capítulos y apartados los intereses, motivaciones, justificaciones, el marco teórico que delimita y nos informa del problema objeto del estudio de esta Tesis y el método seguido, y realizadas las consideraciones necesarias acerca del ámbito de las *restricciones* en la etapa de educación secundaria, pasamos a presentar los datos obtenidos y a realizar el análisis y posterior discusión de los mismos.

En los siguientes apartados se irán presentando los resultados encontrados en las diferentes fases del estudio, en primer lugar mostraremos los resultados intergrupos y después se mostrarán los resultados intragrupos.

### 4.1 COMPARACIÓN INTERGRUPOS

La presentación de los datos se va realizando para cada una de las fases del estudio; pretest, retest, transferencia 1, posttest, transferencia 2, transferencia 3 y retención.

#### 4.1.1 Pretest

##### 4.1.1.1 DESCRIPTIVOS

Los valores encontrados para cada grupo de estudio en la fase de pretest son los descritos en la *Tabla 10*, donde se aprecia que en la variable de *Error de Nota* la media más baja la obtiene el GE3, con 4,25, y la media más alta el GP, con 9,31. En cuanto a la variable *Error de Sincronización* la media más baja la obtiene el GP, con 16, y la más alta el GC, con 24,29. Con respecto a la variable *Error de Nota Falsa* la media más baja, con

un valor de 0,94, corresponde con el GP y la más alta corresponde al GC, con un valor de 1,46. En cuanto a la variable de la *Duración* la media más baja la obtiene el GC, con 5,99, y el valor más alto lo obtiene el GP, con 10,91.

Tipo de error	Grupo	N.º sujetos	Media	Desviación estándar
<b>Error de nota</b>	GC	29	5,86	5,892
	GE1	29	8,68	7,108
	GE2	30	5,75	4,266
	GE3	29	4,25	4,482
	GP	30	9,31	6,498
<b>Error de sincronización</b>	GC	29	24,29	9,071
	GE1	29	19,39	8,63
	GE2	30	17,5	7,941
	GE3	29	18,15	9,195
	GP	30	16	10,066
<b>Error de nota falsa</b>	GC	29	1,46	1,374
	GE1	29	1,07	1,303
	GE2	30	1,06	0,998
	GE3	29	1,1	1,334
	GP	30	0,94	1,289
<b>Duración</b>	GC	29	5,99	6,143
	GE1	29	10,74	11,123
	GE2	30	9,03	12,879
	GE3	29	6,69	10,708
	GP	30	10,91	13,487

Nota. Grupo Control (GC); Grupo Experimental 1 (GE1); Grupo Experimental 2 (GE2); Grupo Experimental 3 (GE3); Grupo Placebo (GP). Melodía 1 (M1). Pulsos por minuto (PPM).

**Tabla 10.** Resultados de fase 1 de la prueba de pretest (M1 a 43 PPM)

#### 4.1.1.2 COMPARACIÓN INTERGRUPOS (ANOVAS)

Sometidos los datos a la prueba de homogeneidad de varianza de Levene, los resultados indicaron que no había diferencia significativa en la homogeneidad de los grupos (ver *Tabla 11*), por lo que es válido utilizar un estadístico paramétrico como ANOVA de un factor para ir comprobando la existencia de diferencias significativas intergrupos en cada una de las variables, previamente al comienzo del programa de intervención y asegurar que las diferencias que puedan hallar en las diferentes fases son debidas al programa de intervención y no a diferencias de nivel intergrupos existentes antes del comienzo del mismo.

Tipo de error	F	Significación
Error de nota	2,471	0,114
Error de sincronización	2,301	0,123
Error de nota falsa	0,578	0,679
Duración	1,051	0,385

**Tabla 11.** Estadística ANOVA de un factor en pretest

### 4.1.2 Restest

#### 4.1.2.1 DESCRIPTIVOS RETEST

En la *Tabla 12* recogemos los datos de la prueba de retest donde se observa que en la variable de *Error de Nota* la media más baja la obtiene el GE1, con 7,18, y la media más alta la obtiene el GE2, con 10,87. En la variable de *Error de Sincronización* el GE3 obtiene la media más baja con 40,52 y el GC obtiene la media más alta con 46,92. Con respecto a la variable de *Error de Pulso en Blanco* el GC obtiene la media más baja, con 0,42, frente a la media más alta del GE3, con 3,24. En la variable *Error de Nota Falsa* la media más baja corresponde al GE2, con 11,48, frente a la media más alta del GC, con 17,54. En la variable de *Duración* nos encontramos con la media más baja que la obtiene el GP, con 4,58, frente a la media más alta que es obtenida por el GC, con 14,14. Finalmente, en la variable de *Calidad* el GC obtiene la media más baja, con 2,65, frente a la media más alta de 3,13 que se encuentra en el GE2.

Tipo de error	Grupo	Media	Desviación estándar
Error de nota	GC	9,23	10,912
	GE1	7,18	7,384
	GE2	10,87	10,146
	GE3	10,2	10,169
	GP	9,05	8,835
Error de sincronización	GC	46,92	13,647
	GE1	41,61	14,423
	GE2	45,74	11,177
	GE3	40,52	13,16
	GP	44,42	12,677
Error de pulso en blanco	GC	0,42	0,758
	GE1	0,64	1,569
	GE2	1,61	2,148
	GE3	3,24	4,746
	GP	1,05	3,423
Error de nota falsa	GC	17,54	11,396
	GE1	16,64	12,038
	GE2	11,48	8,774
	GE3	12,96	10,171
	GP	13,11	9,321
Duración	GC	14,14	26,42
	GE1	5,32	8,561
	GE2	5,21	8,983
	GE3	6,7	9,423
	GP	4,58	8,994
Calidad	GC	2,65	1,093
	GE1	2,79	0,787
	GE2	3,13	0,626
	GE3	2,8	0,764
	GP	2,74	0,872

**Nota.** Grupo Control (GC); Grupo Experimental 1 (GE1); Grupo Experimental 2 (GE2); Grupo Experimental 3 (GE3); Grupo Placebo (GP). Melodía 2 (M2). Pulsos por minuto (PPM).

**Tabla 12.** Resultados de la fase 2 de la prueba de retest (M2 a 30 PPM)

### 4.1.2.2 COMPARACIÓN INTERGRUPOS DE RETEST (ANOVAS)

En la *Tabla 13* se recogen los resultados estadísticos de ANOVAs de un factor para la prueba de retest. En dicha tabla se han encontrado diferencias significativas en la variable *Error de Pulso en Blanco*.

Tipo de error	F	Significación
Error de nota	0,557	0,694
Error de sincronización	1,085	0,367
Error de pulso en blanco	3,999	0,004
Error de nota falsa	1,517	0,202
Duración	1,844	0,125
Calidad	1,087	0,366

**Tabla 13.** Estadística ANOVA de un factor en la fase de retest

Sometidos los valores a la prueba post-hoc se comprueba que las diferencias encontradas en la prueba ANOVA (ver *Tabla 13*) en la variable *Error de Pulso en Blanco* se encuentran entre los grupos GE3 – GC ( $F = 2,817, P < 0,01$ ), GE3 – GE1 ( $F = 2,597, P < 0,01$ ), GE3 – GE2 ( $F = 2,631, P < 0,05$ ) y GE3 – GP ( $F = 2,187, P < 0,05$ ).

No obstante, también se encuentran significancias en la prueba post-hoc no detectadas por la prueba ANOVA en la variable *Error de Nota Falsa* en el GC – GE2 ( $F = 6,060, P < 0,05$ ) y en la variable *Duración* GC – GE1 ( $F = 8,824, P < 0,05$ ), GC – GE2 ( $F = 8,929, P < 0,05$ ), GC – GP ( $F = 9,563, P < 0,05$ ).

Las diferencias significativas del GE3 se deben a que éste presenta los valores más altos (3,24) en la variable de *Error de Pulso en Blanco*. En cuanto a las diferencias significativas encontradas en el GC, las variables de *Error de Nota Falsa* (17,54) y *Duración* (14,14) también presentan los valores más altos. Todo ello se puede comprobar en la *Tabla 12* del descriptivo del retest.

## 4.1.3 Transferencia 1

### 4.1.3.1 DESCRIPTIVOS TRASFERENCIA 1

En la *Tabla 14* se muestran los datos de los resultados de la transferencia 1 donde la variable de *Error de Nota* muestra la media más baja en el GE1, con un valor de 10,54, mientras que la media más alta, de 14,52, corresponde con el GE2. En cuanto a la variable de *Error de Sincronización* nos encontramos con la media más baja correspondiente

al GE3, con un valor de 33,12, y con la media más alta, de 39,12, que corresponde al GC. En la variable *Error de Pulso en Blanco* se observa la media más baja, de 1,36, para el GE1, mientras que la media más alta, de 5,28, se observa en el GE3. En la variable de *Error de Nota Falsa* nos encontramos con la media más baja, de 14,68, en el GP y con la media más alta, de 19,96, en el GE1. En la variable *Duración* se observa la media más baja, de 3,78, en el GE1, mientras que la media más alta, de 6,68, se encuentra en el GP. Finalmente, en la variable de *Calidad* nos encontramos con la media más baja, de 2,46, en el GC y con la media más alta, de 2,96, en el GE3.

Tipo de error	Grupo	Media	Desviación estándar
Error de nota	GC	13,12	10,941
	GE1	10,54	8,307
	GE2	14,52	10,574
	GE3	13,36	12
	GP	13,37	10,657
Error de sincronización	GC	39,12	17,282
	GE1	34,07	15,381
	GE2	36,7	15,029
	GE3	33,12	16,285
	GP	35,63	16,266
Error de pulso en blanco	GC	1,54	2,996
	GE1	1,36	2,656
	GE2	2,3	2,771
	GE3	5,28	6,637
	GP	2,84	6,817
Error de nota falsa	GC	19,5	10,93
	GE1	19,96	11,577
	GE2	17,7	11,356
	GE3	15,44	12,22
	GP	14,68	9,099



Duración	GC	4,78	7,388
	GE1	3,78	4,771
	GE2	4,76	5,402
	GE3	5,82	8,18
	GP	6,68	12,396
Calidad	GC	2,46	1,14
	GE1	2,71	0,854
	GE2	2,87	0,757
	GE3	2,96	0,935
	GP	2,79	0,918

Nota. Grupo Control (GC); Grupo Experimental 1 (GE1); Grupo Experimental 2 (GE2); Grupo Experimental 3 (GE3); Grupo Placebo (GP). Melodía 2 (M2). Pulsos por minuto (PPM).

**Tabla 14.** Resultados de la fase 2 de la prueba de transferencia 1 (M2 a 45 PPM)

#### 4.1.3.2 COMPARACIÓN INTERGRUPOS TRASFERENCIA 1 (ANOVAS)

En la *Tabla 15* se recogen los resultados estadísticos de ANOVAs de un factor para la prueba de transferencia 1. En dicha tabla se han encontrado diferencias significativas en la variable *Error de Pulso en Blanco*.

Tipo de error	F	Significación
Error de nota	0,515	0,725
Error de sincronización	0,549	0,7
Error de pulso en blanco	2,987	0,022
Error de nota falsa	1,055	0,382
Duración	0,476	0,754
Calidad	1,052	0,384

**Tabla 15.** Estadística ANOVA de un factor en transferencia 1

Sometidos los valores a la prueba post-hoc se comprueba que las diferencias encontradas en la prueba ANOVA en la variable *Error de Pulso en Blanco* se encuentran entre los grupos GE3 – GC ( $F = 3,742, P < 0,01$ ), GE3 – GE1 ( $F = 3,923, P < 0,01$ ) y GE3 – GE2 ( $F = 2,976, P < 0,05$ ).

Estas diferencias significativas son debidas a que el GE3 presenta los valores más altos en la variable *Error de Pulso en Blanco* (5,28) como se puede comprobar en la *Tabla 14* del descriptivo de la transferencia 1.

### 4.1.4 Posttest

#### 4.1.4.1 DESCRIPTIVOS DE POSTEST

En la *Tabla 16*, se recogen los datos de la prueba de posttest, se observa que en la variable de *Error de Nota* la media más baja, con valor de 6,17, corresponde al GE3, mientras que la media más alta, de 8,5, la obtiene el GE1. En la variable de *Error de Sincronización* la media más baja, con valor de 26,75, corresponde al GE1 y la media más alta la obtiene el GC, con un valor de 32,56. En la variable de *Error de Pulso en Blanco* el GC obtiene la media más baja, con un valor de 0,52, mientras que la media más alta, de 2,2, la obtiene el GP. En la variable *Error de Nota Falsa* la media más baja, con un valor de 8,5, se encuentra en el GP y la media más alta se encuentra en el GC, con un valor de 10,72. En la variable de *Duración* la media más baja, con 2,42, la obtiene el GE1 y la media más alta, con 5,19, se sitúa en el GP. Finalmente, en la variable de *Calidad* la media más baja, con 2,4, corresponde al GC mientras que la media más alta, con 2,75, corresponde a los grupos GE1, GE2 y GE3.

Tipo de error	Grupo	Media	Desviación estándar
Error de nota	GC	7,24	8,705
	GE1	8,5	9,508
	GE2	7,33	7,221
	GE3	6,17	4,815
	GP	6,9	6,103
Error de sincronización	GC	32,56	12,423
	GE1	26,75	11,67
	GE2	30,71	11,242
	GE3	32,21	9,641
	GP	29,6	11,185
Error de pulso en blanco	GC	0,52	1,636
	GE1	1,25	3,503
	GE2	1,79	2,502
	GE3	1,71	2,645
	GP	2,2	5,616
Error de nota falsa	GC	10,72	8,551
	GE1	10,25	7,58
	GE2	8,58	5,445
	GE3	9,13	7,958
	GP	8,5	6,477
Duración	GC	3,23	4,863
	GE1	2,42	3,988
	GE2	3,52	7,112
	GE3	4,47	5,964
	GP	5,19	11,641
Calidad	GC	2,4	1,258
	GE1	2,75	1,041
	GE2	2,75	1,032
	GE3	2,75	0,989
	GP	2,55	0,945

**Nota.** Grupo Control (GC); Grupo Experimental 1 (GE1); Grupo Experimental 2 (GE2); Grupo Experimental 3 (GE3); Grupo Placebo (GP). Melodía 3 (M3). Pulsos por minuto (PPM).

**Tabla 16.** Resultados de la fase 3 de la prueba de postest (M3 a 39 PPM)

#### 4.1.4.2 COMPARACIÓN INTERGRUPOS POSTEST (ANOVAS)

En la *Tabla 17* se recogen los resultados estadísticos de ANOVAs de un factor para la prueba de posttest, no encontrándose diferencias significativas en ninguna de las variables.

Tipo de error	F	Significación
Error de nota	0,322	0,863
Error de sincronización	1,14	0,341
Error de pulso en blanco	0,857	0,492
Error de nota falsa	0,448	0,773
Duración	0,575	0,681
Calidad	0,557	0,694

**Tabla 17.** Estadística ANOVA de un factor en posttest

### 4.1.5 Tráferencia 2

#### 4.1.5.1 DESCRIPTIVOS DE TRÁFERENCIA 2

En la *Tabla 18* se recogen los datos de la prueba de transferencia 2, donde se observa que en la variable de *Error de Nota* la media más baja corresponde al GE3, con un valor de 9,5, y la media más alta corresponde al GC, con un valor de 12,93. En la variable de *Error de Sincronización* se observa que la media más baja tiene un valor de 26,43 en el GE1, mientras que la media más alta, con un valor de 30,72, corresponde al GC. En la variable *Error de Pulso en Blanco* la media más baja, de 1,82, la obtiene el GE1 y la media más alta, con un valor de 5,63, corresponde al GE3. En la variable de *Error de Nota Falsa* la media más baja, con valor de 11,2, se encuentra en el GP, mientras que la media más alta, con valor 12,64, está localizada en el GE1. En la variable de *Duración* se obtiene la media más baja, con 4,98, en el GC y con valor 9,83 de media más alta se localiza en el GE3. Finalmente, en la variable de *Calidad* se obtiene la media con valor más bajo de 2,2 en el GC, mientras que la media más alta, con valor 2,71, corresponde al GE3.

Tipo de error	Grupo	Media	Desviación estándar
Error de nota	GC	11,08	10,14
	GE1	12,93	8,717
	GE2	9,13	7,301
	GE3	9,5	6,072
	GP	11	8,95
Error de sincronización	GC	30,72	13,655
	GE1	26,43	13,459
	GE2	26,52	12,813
	GE3	30,42	12,5
	GP	27,35	13,307
Error de pulso en blanco	GC	2,6	8,529
	GE1	1,82	2,583
	GE2	3,04	3,983
	GE3	5,63	6,652
	GP	4,8	11,119
Error de nota falsa	GC	12,56	8,977
	GE1	12,64	6,696
	GE2	10,75	6,732
	GE3	10,04	7,439
	GP	11,2	6,558
Duración	GC	4,98	6,286
	GE1	3,75	4,268
	GE2	5,88	7,805
	GE3	9,83	11,327
	GP	6,51	14,121
Calidad	GC	2,2	1,225
	GE1	2,57	1,034
	GE2	2,63	1,056
	GE3	2,71	0,999
	GP	2,4	0,94

Nota. Grupo Control (GC); Grupo Experimental 1 (GE1); Grupo Experimental 2 (GE2); Grupo Experimental 3 (GE3); Grupo Placebo (GP). Melodía 3 (M3). Pulsos por minuto (PPM).

**Tabla 18.** Resultados de la fase 3 de la prueba de transferencia 2 (M3 a 52 PPM)

#### 4.1.5.2 COMPARACIÓN INTERGRUPOS TRASFERENCIA 2 (ANOVAS)

En la *Tabla 19* se recogen los resultados estadísticos de ANOVAs de un factor para la prueba de transferencia 2, no encontrándose diferencias significativas en ninguna de las variables.

Tipo de error	F	Significación
Error de nota	1,011	0,405
Error de sincronización	1,011	0,405
Error de pulso en blanco	1,011	0,405
Error de nota falsa	0,605	0,66
Duración	1,584	0,183
Calidad	0,892	0,471

**Tabla 19.** Estadística ANOVA de un factor en transferencia 2

No obstante, se encuentran diferencias significativas al someter los datos a la prueba post-hoc, los cuales no fueron detectados por la prueba ANOVA en la variable *Duración* en el GE3 – GE1 ( $F = 6,075$ ,  $P < 0,05$ ).

Esta significancia se debe a que el GE3 presenta el valor más elevado en la variable *Duración* (9,83), mientras que el GE1 obtiene la media más baja de errores (3,75), como se puede comprobar en la *Tabla 18* del descriptivo de la transferencia 2.

### 4.1.6 Tráferencia 3

#### 4.1.6.1 DESCRIPTIVOS DE TRASFERENCIA 3

En la *Tabla 20* se recogen los datos de la prueba de transferencia 3, se observa que en la variable de *Error de Nota* la media más baja corresponde al GE3, con un valor de 7,75, y la media más alta corresponde al GC, con un valor de 9,56. En la variable de *Error de Sincronización* se observa que la media más baja tiene un valor de 28,75 en el GE1, mientras que la media más alta, con un valor de 36,12, corresponde al GC. En la variable *Error de Pulso en Blanco* la media más baja tiene un valor de 0,72 y la obtiene el GC, mientras que la media más alta, con un valor de 2,46, corresponde al GE2. En la variable de *Error de Nota Falsa* la media más baja, con valor de 9,4, se encuentra en el GP, mientras que la media más alta, con valor 11,68, está localizada en el GC. En la variable de *Duración* se obtiene la media más baja, con valor 2,05, en el GE1 y con valor de 5,86 de media más alta se localiza en el GE3. Finalmente, en la variable de *Calidad* se obtiene la media con valor más bajo, de 2,28, en el GC, mientras que la media más alta con valor 2,79, corresponde al GE1.

Tipo de error	Grupo	Media	Desviación estándar
Error de nota	GC	9,56	9,283
	GE1	9,54	8,711
	GE2	8,38	7,24
	GE3	7,75	6,354
	GP	9,55	8,494
Error de sincronización	GC	36,12	10,906
	GE1	28,75	11,603
	GE2	31,88	8,999
	GE3	33,13	10,006
	GP	30,35	11,577
Error de pulso en blanco	GC	0,72	1,595
	GE1	1,07	2,68
	GE2	2,46	4,827
	GE3	2,38	3,118
	GP	2,6	7,373
Error de nota falsa	GC	11,68	8,29
	GE1	11,14	8,204
	GE2	10,83	6,709
	GE3	10,13	7,134
	GP	9,4	6,778
Duración	GC	4,98	8,569
	GE1	2,05	2,425
	GE2	4,57	9,139
	GE3	5,86	8,406
	GP	5,8	14,274
Calidad	GC	2,28	1,275
	GE1	2,79	1,134
	GE2	2,58	1,06
	GE3	2,75	0,989
	GP	2,7	1,081

Nota. Grupo Control (GC); Grupo Experimental 1 (GE1); Grupo Experimental 2 (GE2); Grupo Experimental 3 (GE3); Grupo Placebo (GP). Melodía 4 (M4). Pulsos por minuto (PPM).

**Tabla 20.** Resultados de la fase 3 de la prueba de transferencia 3 (M4 a 39 PPM)

#### 4.1.6.2 COMPARACIÓN INTERGRUPOS TRASFERENCIA 3 (ANOVAS)

En la *Tabla 21* se recogen los resultados estadísticos de ANOVAs de un factor para la prueba de transferencia 3, no encontrándose diferencias significativas en ninguna de las variables.

Tipo de error	F	Significación
Error de nota	0,261	0,902
Error de sincronización	1,769	0,14
Error de pulso en blanco	1,064	0,377
Error de nota falsa	0,317	0,866
Duración	0,784	0,538
Calidad	0,849	0,497

**Tabla 21.** Estadística ANOVA de un factor en transferencia 3

No obstante, se encuentran diferencias significativas al someter los datos a la prueba post-hoc, las cuales no fueron detectados por la prueba ANOVA en la variable *Error de Sincronización* en el GC – GE1 ( $F = 7,370$ ,  $P < 0,05$ ).

Esta significancia se debe a que el GC presenta el valor más elevado en la variable *Error de Sincronización* (36,12), mientras que el GE1 presenta la media más baja (28,75), como se puede comprobar en la *Tabla 20* del descriptivo de la transferencia 3.

### 4.1.7 Retención

#### 4.1.7.1 DESCRIPTIVOS DE LA RETENCIÓN

En la *Tabla 22* se recogen los datos de la prueba de retención, en la cual se observa que en la variable de *Error de Nota* la media más baja, con valor de 10,46, corresponde al GE3, mientras que la media más alta de 13,05 la obtiene el GP. En cuanto a la variable de *Error de Sincronización*, la media más baja, con valor de 26,46, corresponde al G3 y la media más alta la obtiene el GC, con un valor de 33,22. En la variable de *Error de Pulso en Blanco* el GE1 obtiene la media más baja, con un valor de 1,41, mientras que la media más alta, de 4,53, la obtiene el GP. En cuanto a la variable de *Error de Nota Falsa* la media más baja, con un valor de 10,42, se encuentra en el GP y la media más alta se encuentra en el GE1, con un valor de 12,83. En la variable de *Duración* la media más baja, con un valor de 4,73, la obtiene el GE1, mientras que la media más alta, con valor de 12,48, se sitúa en el GP. Finalmente, en la variable de *Calidad* la media más baja, con valor de 2,34, corresponde al GE1 mientras que la media más alta, con 2,79, corresponde al grupo GP.



Tipo de error	Grupo	Media	Desviación estándar
Error de nota	GC	10,74	10,125
	GE1	10,62	8,104
	GE2	12,36	9,878
	GE3	10,46	7,742
	GP	13,05	11,1
Error de sincronización	GC	33,22	13,265
	GE1	26,48	12,182
	GE2	26,7	12,931
	GE3	26,46	12,722
	GP	24,11	12,355
Error de pulso en blanco	GC	1,59	3,261
	GE1	1,41	2,693
	GE2	3,43	6,066
	GE3	3	4,817
	GP	4,53	14,049
Error de nota falsa	GC	11,11	8,833
	GE1	12,83	8,063
	GE2	11,13	5,849
	GE3	11,08	8,704
	GP	10,42	8,133
Duración	GC	7,37	9,998
	GE1	4,73	6,088
	GE2	7,19	10,753
	GE3	7,12	9,853
	GP	12,48	31,281
Calidad	GC	2,41	0,844
	GE1	2,34	0,857
	GE2	2,52	0,79
	GE3	2,73	0,874
	GP	2,79	0,976

Nota. Grupo Control (GC); Grupo Experimental 1 (GE1); Grupo Experimental 2 (GE2); Grupo Experimental 3 (GE3); Grupo Placebo (GP). Melodía 3 (M3). Pulsos por minuto (PPM).

**Tabla 22.** Resultados de la fase 4 de la prueba de retención (M3 a 39 PPM)

#### 4.1.7.2 COMPARACIÓN INTERGRUPOS RETENCIÓN (ANOVAS)

En la *Tabla 23* se recogen los resultados estadísticos de ANOVAs de un factor para la prueba de retención, no encontrándose diferencias significativas en ninguna de las variables.

Tipo de error	F	Significación
Error de nota	0,369	0,83
Error de sincronización	1,819	0,13
Error de pulso en blanco	0,871	0,484
Error de nota falsa	0,325	0,861
Duración	0,795	0,53
Calidad	1,241	0,297

**Tabla 23.** Estadística ANOVA de un factor en retención

No obstante, se encuentran diferencias significativas al someter los datos a la prueba post-hoc, los cuales no fueron detectados por la prueba ANOVA en la variable *Error de Sincronización* en el GC – GE1 ( $F = 6,739, P < 0,05$ ), GC – GP ( $F = 9,117, P < 0,05$ ).

Esta significancia se debe a que el GC presenta el valor más elevado en la variable *Error de Sincronización* (33,22), como se puede comprobar en la *Tabla 22* del descriptivo de la retención.

## 4.2 COMPARACIÓN INTRAGRUPOS

### 4.2.1 Grupo Control (GC)

En la *Tabla 24* se presentan los valores encontrados al someter los datos entre las fases posttest y retención. Se han encontrado diferencias significativas en las variables *Error de Nota* ( $P < 0,05$ ) y también en la variable de *Duración* ( $P < 0,01$ ).

Ello es debido a que este grupo presenta un mayor número de errores en la fase de retención (10,76) con respecto a la fase posttest (7,24) en la variable de *Error de Nota*. Además, en la variable de *Duración* también se presenta un aumento de la media de errores en la fase de retención (7,41) con respecto a la fase de posttest (3,23).

Pares	Variables emparejadas	t	gl	Significación (bilateral)
Par 1	Error de nota postest – Error de nota retención	-2,746	24	0,011
Par 2	Error de sincronización postest – Error de sincronización retención	-0,039	24	0,969
Par 3	Error de nota falsa postest – Error de nota falsa retención	-0,152	24	0,881
Par 4	Duración postest – Duración retención	-3,003	24	0,006
Par 5	Error de pulso en blanco postest – Error de pulso en blanco retención	-1,365	24	0,185
Par 6	Calidad postest – Calidad retención	-0,225	24	0,824

Tabla 24. t de muestras relacionadas GC

### 4.2.2 Grupo experimental 1 (GE1)

En la *Tabla 25* se presentan los valores encontrados al someter los datos entre las fases postest y retención. Se han encontrado diferencias significativas en las variables *Error de Nota Falsa* ( $P < 0,05$ ), también, en la variable *Duración* ( $P < 0,05$ ) y además en la variable de *Calidad* ( $P < 0,05$ ).

Ello debido a que este grupo presenta un mayor número de errores en la fase de retención (13) con respecto a la fase postest (10,25) en la variable de *Error de Nota Falsa*. También, en la variable de *Duración* se presenta un mayor número de errores en la fase de retención (4,84) con respecto a la fase de postest (2,42). En la variable de *Calidad* se presenta una media de puntuación más baja (menor calidad) en la fase de retención (2,32) con respecto a la fase de postest (2,75).

Pares	Variables emparejadas	t	gl	Significación (bilateral)
Par 1	Error de nota postest – Error de nota retención	-1,97	27	0,059
Par 2	Error de sincronización postest – Error de sincronización retención	0,18	27	0,859
Par 3	Error de nota falsa postest – Error de nota falsa retención	-2,513	27	0,018
Par 4	Duración postest – Duración retención	-2,398	27	0,024
Par 5	Error de pulso en blanco postest – Error de pulso en blanco retención	-0,427	27	0,673
Par 6	Calidad postest – Calidad retención	2,714	27	0,011

Tabla 25. t de muestras relacionadas GE1

### 4.2.3 Grupo experimental 2 (GE2)

En la *Tabla 26* se presentan los valores encontrados al someter los datos entre las fases postest y retención. Se han encontrado diferencias significativas en las variables de *Error de Nota* ( $P < 0,01$ ) y de *Error de Nota Falsa* ( $P < 0,01$ ).

Debido a que este grupo presenta un aumento de errores en la fase de retención (12,33) con respecto a la fase de postest (7,33) en la variable de *Error de Nota*. También se aprecia un aumento de errores en fase de retención (11,45) con respecto a fase de postest (8,36) en la variable de *Error de Nota Falsa*.

Pares	Variables emparejadas	t	gl	Significación (bilateral)
Par 1	Error de nota postest – Error de nota retención	-3,488	23	0,002
Par 2	Error de sincronización postest – Error de sincronización retención	1,547	21	0,137
Par 3	Error de nota falsa postest – Error de nota falsa retención	-2,942	21	0,008
Par 4	Duración postest – Duración retención	-2,01	21	0,057
Par 5	Error de pulso en blanco postest – Error de pulso en blanco retención	-1,446	21	0,163
Par 6	Calidad postest – Calidad retención	1,449	21	0,162

**Tabla 26.** t de muestras relacionadas GE2

### 4.2.4 Grupo experimental 3 (GE3)

En la *Tabla 27* se presentan los valores encontrados al someter los datos entre las fases postest y retención. Se han encontrado diferencias significativas en las variables de *Error de Nota* ( $P < 0,01$ ), de *Error de Sincronización* ( $P < 0,05$ ), de *Error de Nota Falsa* ( $P < 0,05$ ) y de *Error de Pulso en Blanco* ( $P < 0,05$ ).

Ello debido a que en este grupo se presenta un aumento de los errores en la fase de retención (9,71) con respecto en la fase de postest (6,17) en la variable de *Error de Nota*. También se detecta un aumento en fase de retención (11,29) con respecto a fase de postest (9,13) en la variable de *Error de Nota Falsa*. Asimismo, se aprecia un aumento en fase de retención (3,21) con respecto a fase de postest (1,71) en la variable *Error de Pulso en Blanco*. Contrariamente, en la fase de retención se muestra una disminución significativa de los errores (26,17) con respecto a la fase de postest (32,21) en la variable *Error de Sincronización*.

Pares	Variables emparejadas	t	gl	Significación (bilateral)
Par 1	Error de nota postest – Error de nota retención	-3,249	23	0,004
Par 2	Error de sincronización postest – Error de sincronización retención	2,658	23	0,014
Par 3	Error de nota falsa postest – Error de nota falsa retención	-2,168	23	0,041
Par 4	Duración postest – Duración retención	-2,034	23	0,054
Par 5	Error de pulso en blanco postest – Error de pulso en blanco retención	-2,114	23	0,046
Par 6	Calidad postest – Calidad retención	0,296	23	0,77

Tabla 27. t de muestras relacionadas GE3

#### 4.2.5 Grupo placebo (GP)

En la *Tabla 28* se presentan los valores encontrados al someter los datos entre las fases de postest y retención del GP. Se han encontrado diferencias significativas en la variable *Error de Nota* ( $P < 0,01$ ), debido a que este grupo presenta un mayor número de errores en la fase de retención (12,32) con respecto a la fase postest (7,21) en esta variable.

Pares	Variables emparejadas	t	gl	Significación (bilateral)
Par 1	Error de nota postest – Error de nota retención	-3,448	18	0,003
Par 2	Error de sincronización postest – Error de sincronización retención	1,721	17	0,103
Par 3	Error de nota falsa postest – Error de nota falsa retención	-1,169	17	0,259
Par 4	Duración postest – Duración retención	-1,231	17	0,235
Par 5	Error de pulso en blanco postest – Error de pulso en blanco retención	-1,12	17	0,278
Par 6	Calidad postest – Calidad retención	-0,589	17	0,564

Tabla 28. t de muestras relacionadas GP



# 5

---

## DISCUSIÓN

La tarea de un sujeto tocando flauta de pico tiene varias premisas a tener en cuenta: tanto la información visual como la auditiva se obtienen de las matrices energéticas del ambiente, por lo que nos encontramos ante un tipo de *feedback extrínseco*, de clase inmediata, ya que se recibe la información en el momento de la ejecución a través del sonido que produce la música que se ejecuta. Durante el programa de aprendizaje también se ha trabajado con el *feedback disminuido*, lo que resulta de aplicar las *restricciones* de la información a los grupos experimentales en las distintas fases de adquisición del programa. No obstante, en todas las fases del presente estudio se mantiene el *feedback intrínseco* durante la ejecución musical, mediante la información propioceptiva, presente a través del tacto del sistema háptico, cuyo papel clave desarrollaremos a partir de lo apuntado por Gibson (1966) y Lobo y Travieso (2012). Atendiendo a la clasificación de Riera (1989), existe, también, un *feedback codificado* de las distintas posiciones de los dedos [al tocar la flauta], que se anotan y se dan en las instrucciones de los movimientos. En cuanto a la existencia de un *feedback analítico*, no sería descartable que el sujeto centrara su esfuerzo en un movimiento específico, concreto, durante la ejecución; por ejemplo: el del dedo al tocar la flauta u otro instrumento con mayor grados de libertad, a la manera del movimiento del brazo al tocar el chelo, sin embargo cuanto más grados de libertad más complejidad se añade al sistema, pero, también, más flexibilidad, como señalan Vereijken y Bongardt (1999). El *feedback genérico* ocurre cuando el sujeto no se centra en un movimiento específico y sí en el conjunto, e, influye, cuando la ejecución tiene muchos grados de libertad; lo que no es el caso de la ejecución a flauta, que se puede considerar como una tarea de grados de libertad reducidos, ya que sólo se utilizan las articulaciones de ocho dedos con combinaciones fijas para cada nota. Si cambiamos el ambiente con *apremios* en la dirección adecuada, obligaríamos a formar nuevas organizaciones temporales de los grados de libertad (Vereijken y Bongardt, 1999), que, aunque reducidos, la tarea es de cierta complejidad para los sujetos, dada su temprana edad

y escasa experiencia, puesto que incluye los ocho *elementos* señalados (ocho posiciones de dedos para ocho notas), que se limitan a la tarea de los movimientos de los dedos porque los brazos, en principio (que añadirían más grados de libertad), no participan en la selección de los *elementos*.

## 5.1 ERROR DE NOTA

Parece ser que la *restricción* de la visión no produciría efecto alguno en esta variable, tanto en las comparaciones a niveles de intragrupo como intergrupo. Quizás porque la visión pudiera ser un requisito más importante de lo que parece para la ejecución en música, ya que facilitaría la exactitud del movimiento en la tarea al tocar como ya indicaron Banton, (1995), West (1967) y Diehl y Seibel (1962). O bien, como ya señaló Granda, Barbero y Medina (2005), si la tarea es demasiado complicada o extensa, se produce demasiada disrupción, el sujeto se abruma y no consigue la mejora que se suponía. Cuando no se encuentran diferencias significativas, se debe revisar si la tarea es la apropiada para esa variable experimental (Jarus y Goroever, 1999).

### 5.1.1 Intragrupo

Se hallan diferencias significativas en la comparación intragrupos entre la fase *postest* y *retención* en el GC ( $P < 0,05$ ) (ver *Tabla 24*), GC2 ( $P < 0,01$ ) (ver *Tabla 26*), GC3 ( $P < 0,01$ ) (ver *Tabla 27*) y en GP ( $P < 0,01$ ) (ver *Tabla 28*), en la variable *error de nota*. El deterioro del rendimiento de esta variable es común en todos los grupos en la fase de *retención* trascurridas las cinco semanas salvo, en el GE1. Esto nos indicaría que el aprendizaje con restricción parcial auditiva (GE3) y visual (GE2) se comportó de forma similar en los grupos de práctica tradicional (GC y GP) a nivel de intragrupo en esta variable experimental. Sin embargo, sabiendo que tanto las *restricciones* visuales parciales (GE2) y auditivas parciales (GE3) obtuvieron un aumento significativo de los *errores de nota* a nivel intragrupo en la prueba de *retención* al igual que en los grupos de práctica tradicional GC y GP, llama la atención que no sucediera lo mismo con el GE1 (con restricciones auditivas totales durante la adquisición de la M3). Este último no padeció deterioro, siendo el único grupo al que, aún no obteniendo mejora significativa en la *retención*, el paso del tiempo al menos no deterioró en su rendimiento significativamente, como, sin embargo, sí sucedió en el resto de grupos. Por lo que, como Pfordresher (2005) y Repp (1999) ya comprobaron, la no presencia del sonido no influye negativamente en el aprendizaje de una secuencia musical. Por su lado, Davids et al. (2002) añaden la posibilidad de un fenómeno similar cuando la ayuda que se recibe durante la exploración de la tarea desde un foco externo (por ejemplo: los pulsos de un metrónomo auditivo) en vez de uno interno y que contribuye también



a que no se produzca un deterioro de la ejecución (Al-Abood et al., 2002), a pesar de no estar el *feedback* auditivo durante la adquisición.

Lo mismo se puede decir desde la óptica de Tremblay y Proteau (1998), ya que, si los sujetos tuvieran una experiencia previa del uso de la flauta de pico de 4 ó 5 años de media al comenzar el estudio, habrían formado un almacén específico multimodal que les permitiría adaptarse mejor a la prueba de *retención* en el entorno del aprendizaje con *restricción total* (del *feedback* auditivo). Por tanto, los estudiantes se habrían visto forzados a buscar fuentes de información adicionales y así evitar el deterioro, valiéndose de las habilidades adquiridas previamente (Bennett et al. 1999).

La teoría del *esquema* de Schmidt (1975) plantea, por su lado, un problema con la *cuarta fuente* (ver *Figura 4*) para la formación del *esquema de recuerdo* y del GMP en el caso de que se produzca la ausencia del CR. Según Sherwood y Lee (2003), Schmidt no da una respuesta adecuada con dicha teoría que sostiene que el nivel de aprendizaje va en función del número de intentos que el sujeto recibe del CR.

Continúa la discusión de si la restricción del CR es más eficaz que la del CP durante el aprendizaje (Zubiaur, 1998). Aunque hay cierto consenso en la importancia de usar las instrucciones del profesor como *apremios* del aprendizaje para dirigir también la atención hacia las fuentes de información relevantes durante el aprendizaje y el desempeño de la tarea (Araujo et al., 2004). La *restricción*, así mismo, si se cambia el contexto, puede facilitar estabilidad positiva de la *affordance* (Wu, 2008). Las *affordances válidas*, aquellas que el sistema consideró con posibilidades de avanzar hacia la "meta", y que en condiciones normales se seleccionarían como 2.<sup>a</sup> ó 3.<sup>a</sup> opción de *atractores*. Gracias a la *restricción*, el *atractor* facilitado por esas opciones de *affordances válidas* (Araújo et al., 2006) emergieron provocando el aprendizaje necesario de la M3 que produjo el freno suficiente al deterioro propio de las pruebas de *retención* de esta variable en el GE1, no sucediendo así en el resto de grupos GC ( $P < 0,05$ ), GE2 ( $P < 0,01$ ), GE3 ( $P < 0,01$ ) y GP ( $P < 0,01$ ).

Además, la experiencia previa del aprendizaje instrumental en los sujetos se suele basar en la repetición según la práctica tradicional (Sidnell, 1986) y, como señalan Ruiz y Arruza (2002), si se consigue romper el *estado de atracción* del sujeto durante el aprendizaje (en el cual tiende a permanecer), se le puede hacer volver a recaer en un nuevo *estado de atracción* y de posterior *estabilidad* por medio de la *restricción* y por las nuevas circunstancias inestables, con lo que se consigue mejoras del aprendizaje.

Si partimos del modelo HKB de Haken, Kelso y Bunz (Haken et al., 1985) el *parámetro de orden* utilizado fue la relación de fase de los dedos y el *parámetro de control* la frecuencia del movimiento (39 PPM), habiendo dos *atractores*: un *atractor* en fase cuando los dedos pulsaron y un *atractor* antifase cuando los dedos dejaron de pulsar. La cuestión es que el *parámetro de control* y el *parámetro de orden* fueron mantenidos sin

variar en pruebas de *postest* y de *retención*, por lo que no pudieron ser responsables del no deterioro del GE1, a diferencia del estudio de Haken et al. (1985), donde se aumentó la frecuencia del *parámetro de control* (movimiento de los miembros) hasta que se produjo la *bifurcación* que dio lugar a un cambio del *patrón*.

Sin embargo, los procesos de adquisición de nuevos *patrones coordinativos*, como indica Torrents Martín (2005), se pueden producir principalmente a través de dos rutas distintas en función de la *dinámica intrínseca* del sujeto y de su relación con la *dinámica de la tarea* a aprender: una ruta de *bifurcación* que crea un nuevo *patrón de coordinación* (como sucedió con Haken et al., 1985); y una ruta de *cambio* a través de la cual un *patrón preexistente* varía para desarrollar la tarea requerida (como por ejemplo, Kelso y Zanone, 2002). Estas dos rutas se observan en los sujetos que exhiben *dinámicas biestables* (ruta de bifurcación) o *multiestables* (ruta del cambio) (Jouhet, Zanone y Albaret, 2003; Kostrubiec y Zanone, 2002; Zanone, 2003). En el caso del GE1, se agregó la información que provenía de fuentes que condicionaban el comportamiento, tales como la percepción, las experiencias previas, el movimiento en sí o la intención del sujeto. En cualquier caso, en ambos procesos, ya sea con *dinámicas biestables* o *dinámicas multiestables* se producirán en respuesta a una pérdida de estabilidad por la interacción de los condicionantes musculares e informacionales (Millieux, Calvin y Temprado, 2003).

En casos similares al del GE1, cuando se producía una *restricción de la información* por causa de una lesión o algún otro condicionante similar que impidieran aprender la realidad del entorno físico, el sistema fue capaz de encontrar otros modos de hacerlo y de reorganizarse. Por tanto, lo que cuenta no es el modelo previo, sino la resolución del problema. Se crean nuevos patrones que, a su vez, imponen condicionantes diferentes; y si se favorece la oportunidad de explorar, se facilita la reorganización, ya que la exploración provoca la formación y estabilización de los grupos neuronales (ver por ejemplo, Goldfield, Kay y Warren, 1993; en Torrents Martín, 2005). Además, hay evidencias fisiológicas en música de cómo bajo *restricciones* otra modalidad puede ser activadora de la zona del córtex cerebral relacionada tradicionalmente con la modalidad restringida como señalan Baumann et al. (2005). Y también hay, a nivel propioceptivo y de cinestesia, evidencias recientes que indican que las trayectorias del movimiento contribuyen a la sincronización y parametrización del movimiento, y que la temporización repetitiva de la pulsaciones de los dedos establece un método para el estudio del *arrastre* motor con grados de *libertad limitados* (Ross y Balasubramaniam, 2014). Asimismo, hay evidencias de que el *arrastre* a través del medio ambiente es posible con cualquier modalidad sensorial: auditiva, visual, táctil o vestibular; ya que la tasa de acoplamiento, en los estudios del *crossmodal*, de la vía unimodal táctil es del 75%; y en la condición bimodal auditivo-táctil, de un 74,2%, o sea, de las más altas, como señalan Jokiniemi et al. (2008). Aunque se sabe que la vía táctil tiene menos resolución temporal que la auditiva, con al menos 50 milisegundos (Tinazzi et al., 1999).

Stiles y Shimojo (2014) señalan la experiencia perceptiva única que sucede cuando se da una *sustitución sensorial* y se codifica una imagen desde un sonido o viceversa, por medio de la tarea y del entrenamiento oportuno. Este hecho está corroborado por los casos recientes de los estudios del *crossmodal*, que señalan la gran plasticidad que el funcionamiento del sistema humano posee y, sobre todo, que revelan la enorme organización perceptiva del *crossmodal* en el sistema.

Durante el proceso de aprendizaje, el *parámetro de control* clave del *programa de intervención* en el GE1 consistió en la privación total de información audible del conocimiento de los resultados sonoros de su actuación. No se tuvieron, tampoco, en cuenta otros parámetros como el *patrón rítmico* de los dedos sobre la flauta al soplar en el bisel, que sí se tuvieron en el resto de los grupos, que, en el análisis *intragrupo*, presentaron un deterioro significativo de la variable error de nota GC ( $P < 0,05$ ), GE2 ( $P < 0,01$ ), GE3 ( $P < 0,01$ ), GP ( $P < 0,01$ ). Lo que nos muestra cómo los *patrones de coordinación* que emergen en el contexto del GE1 dependen de todos los condicionantes antedichos y del modo en que interactúan entre sí, y también nos muestra la *dinámica intrínseca* del sistema, que provee un nuevo cúmulo de experiencias que le descubrieron la solución en la prueba de *retención*. La *dinámica intrínseca* resulta de la tendencia espontánea de coordinación del organismo en el inicio del proceso de aprendizaje, y la *dinámica de la tarea* es el resultado de la influencia específica de la tarea, de la intención o de la información del medio. Con todo ello se estableció un proceso de cooperación–oposición entre ambas *dinámicas* (Schöner y Kelso, 1988). Los *patrones de coordinación* perdieron estabilidad a medida que se acercaron a la zona de *transición*, que debió de ocurrir en algún momento de la fase de adquisición. La *relación en fase* siempre benefició a la regularidad del movimiento y por tanto a la estabilidad de los *patrones de coordinación* que, posteriormente, fueron mostrados en la prueba de *retención*.

### 5.1.2 Intergrupo

En la variable de *error de nota* no se encuentran diferencias significativas en el análisis intergrupo en ninguna de las fases ni con la prueba ANOVA ni con POST–HOC. Si bien, cabe señalar que el GE1 obtuvo la media más baja de errores en la variable experimental de *error de nota*: en *retest* (7,18) (ver *Tabla 12*) y en *trasferencia 1* (10,54) (ver *Tabla 14*), tendencia que apunta a lo sucedido con el análisis *intragrupo* descrito en el apartado anterior, cuando fue el único grupo que no se deterioró significativamente con respecto al resto de grupos en la variable *error de nota*, en la *retención*. El buen comportamiento de la condición de *restricción total* del CR del audio en esta variable es importante, en cuanto a la necesidad de generar *patrones coordinativos* adecuados y proveer una ejecución musical sin que se den errores de posiciones de notas.

## 5.2 ERROR DE SINCRONIZACIÓN

### 5.2.1 Intragrupo

En el análisis *intragrupo* se encuentran diferencias significativas positivas en el GE3 dentro de la variable *error de sincronización* ( $P < 0,05$ ) (ver *Tabla 27*), debido a la disminución significativa de la media de errores en la *retención* (26,17) con respecto a *postest* (32,21). Cuando escuchamos un ritmo musical, percibimos una pulsación o una estructura métrica que incita a la coordinación o *sincronización* con la música (Torrents Martín, 2005). Considerándose la percepción métrica como un estímulo que provoca la formación de un *patrón* en el *sistema dinámico*, el sistema sufre una *bifurcación*, que corresponderá al nacimiento de una *oscilación automantenida* que persiste incluso si temporalmente desaparece la pulsación (como sucede en muchas piezas musicales) (Large, 2000). Este tipo de *patrones* presenta *estabilidad* pero a la vez *flexibilidad*, puesto que, si el ritmo cambia, son capaces de adaptarse inmediatamente (Torrents Martín, 2005). Es sabido que los aprendices tienen un comportamiento dinámico y una relación bilateral con su entorno (Menayo, García, Moreno, Reina y García, 2010). En el caso del GE3, fue esa interacción lo que provocó los estados de desequilibrio, al incorporar la *restricción parcial* auditiva en la tarea (ver apartados, 3.2. de Variables de Estudio y 3.5. de Procedimiento). Las inestabilidades que habrían impedido una ejecución óptima se superan por medio de los *atractores* del sistema para dar lugar a una nueva situación estable (Wallace, 1997). Aunque la cuestión principal fue que el *patrón rítmico* que se generó en el GE3 mostró unos determinados *atractores*, en fase con la señal externa del ritmo regular en la prueba de *retención*, extraordinariamente fuertes y estables, y que mejoraron significativamente la *sincronización* ( $P < 0,05$ ) pasadas las cinco semanas. En consecuencia, el sistema hizo emerger el *patrón rítmico* en la prueba de *retención* (con presencia total del CR), sus propiedades dinámicas fueron capaces de adaptarse notablemente, y se corrigieron las trayectorias de los dedos durante la prueba de forma significativa con respecto a su anterior actuación en el *postest*. El *patrón rítmico* que se generó se benefició de la "especificación", que llama Gibson (1979), es decir: de la especificidad de la información que el medio ambiente contenía (Araujo et al., 2006), lo que conllevó a la especificidad de la percepción de la información (Turvey y Shaw, 1999). No descartamos que la presencia del CR auditivo durante la prueba colaborara ampliamente, pudiéndose dar que el *patrón rítmico* generado por el sistema en el GE3 se aprovechara de la resolución auditiva temporal de la vía modal del audio por ser la más alta, permitiendo la discriminación de los sonidos por tan solo varios milisegundos (Glenberg et al., 1989; Kanai et al., 2011; Karabanov et al., 2009).

En la adquisición de la M3, el *parámetro de control* clave del *programa de intervención* aplicado al GE3 consistió en la *restricción parcial* del 50% de las repeticiones sin CR auditivo y el resto de las repeticiones con presencia de éste, aunque, con ambas condiciones, sin la presencia del foco externo (pulso del metrónomo auditivo) durante casi todas las sesiones del *programa de intervención*. Si bien van Vugt y Tillmann (2015) han comprobado recientemente que la sincronización motora regular puede ser aprendida muy eficazmente a través de la vía auditiva y que el mecanismo por el cual este aprendizaje avanza en el sistema es a través de la corrección de errores con respecto a la señal externa, esto no explicaría cómo el *patrón rítmico* que emergió en el GE3 respondió con esa eficacia en la *retención* si durante el *programa de adquisición* el metrónomo sólo estuvo presente en la última sesión (19 de *empaste* de la M3, ver apartado 3.5.3 de Fase 3: de adquisición 2). Otra posible explicación es la señalada recientemente por Elliott et al. (2016), sobre la presencia de un proceso subyacente *paralelo de corrección* del ritmo cuando se produce una pérdida de sincronización en un evento musical. El proceso, que es independiente, entra en acción cuando el sistema lo requiere.

Sin embargo, Repp y Su (2013) aseveran que se precisa de la intervención cognitiva para mantener las sincronizaciones mayores al segundo, la "sincronización controlada" cognitivamente (M3 en *retención* a 39 PPM = intervalo de 1,53"), incluso se ha comprobado su actividad en un circuito en la zona cortical-subcortical que involucra a ganglios basales, corteza parietal y zonas prefrontales, que además están sujetas a la modulación atencional (Buhusi y Meck, 2005; Lewis y Miall, 2003). Dentro de la TSD, la actividad cognitiva es considerada como otra variable más que influenciará en el resultado de la tarea, además se ha valorado su influencia y su actividad en los *atractores* del sistema. Pellicchia y Turvey (2001) descubrieron que las desviaciones del *patrón* de movimiento en fase o en antifase se ampliaban cuando se añadía la dificultad cognitiva. Temprado, Monno, Zanone y Kelso (2002) estudiaron si la dificultad cognitiva podía disminuirse con la práctica, sugiriendo que este parámetro es entrenable. Además, muchas investigaciones en las que se analizó la coordinación entre miembros de personas distintas, son un ejemplo de tareas en las que no hay una estructura cognitiva común que pueda producir la coordinación motriz, aportes de gran importancia a la hora de explicar las aplicaciones de la TSD (Torrents Martín, 2005). Además, en los sistemas físicos se pueden producir fenómenos de *coordinación absoluta*, pero no en los sistemas vivos, ya que el estado de coordinación no se mantiene constantemente, sino que es relativamente estable, se puede observar por los saltos entre acoplamiento y desacoplamiento, por los cambios entre radios de frecuencia o la relación en fase entre los componentes (Amazeen, Amazeen y Beek, 2001).

Estudios biomecánicos están confirmando que en la repetición de un gesto técnico por parte de un mismo ejecutante se pueden comprobar niveles significativos de variabilidad durante la misma ejecución (Bauer y Schöllhorn, 1997; Sforza, Turci, Grassi,

Shirai, Pizzini y Ferrario, 2002; en Reynoso, Solana, Vaíllo y Hernández, 2013), por lo que la repetición no es un mero error, ya que se considera necesaria para las adaptaciones motrices (Button, Davids y Schöllhorn, 2006). Además, Bernstein (1967) consideró que los movimientos nunca siguen la misma trayectoria dos veces. De acuerdo con ello, los *parámetros de orden* y *parámetros de control*, según el modelo HKB de Haken et al. (1985) fueron, en el GE3, la relación en fase de los dedos y la frecuencia del movimiento respectivamente, que se mantuvieron en las pruebas comparadas de *postest* y de *retención*, añadiendo a los *parámetros de control* la *restricción parcial* en el diseño de tarea. Este proceso se podría considerar como una subespecie de "entrenamiento diferencial", no en el sentido estricto señalado por Schöllhorn (2016), que propone la necesidad de fluctuar y de producir errores para aprender con una variedad de ejercicios (de velocidad, ritmo, ángulo, etc.) y para inducir ese proceso de *autoorganización* de aprendizaje y evolución, que él señala sin repetición del mismo movimiento durante la adquisición; sino desde el cambio del contexto de las *energías informacionales*, que se sabe que se producen con el cambio de los *parámetros de control* o del *entorno* y que facilitan la desestabilización de la distribución de los *atractores* existentes. Emergió entonces el comportamiento que creó el *atractor* en la dirección deseada durante la provisión de la *restricción parcial* en el entrenamiento de la M3. Y como un mismo sujeto nunca repite exactamente un movimiento, aunque sí que consigue un *patrón* que será único para él y que le distingue del de cualquier otro (Torrents Martín, 2005), los *patrones* surgidos en el GE3 tuvieron características diferentes al resto de grupos en las *variables colectivas*. Estas controlaron las *sinergias* que ofrecieron la respuesta, en relación con los parámetros de velocidad y duración que se relacionan con la sincronización. Dicho *patrón* fue significativamente mejor que en el *postest* ( $P < 0,05$ ) para la corrección temporal que ocurrió durante el mantenimiento de los movimientos periódicos en fase que se mostró en la *retención* cinco semanas después. Sabiendo que la *ganancia de corrección* es aquella que consiste en el resultado de un rendimiento estable, en el sentido de que un error de sincronización en un *tap* o pulsación ( $n$ ) se reduce progresivamente a lo largo de varios *tap* o pulsaciones sucesivas,  $n + 1$ ,  $n + 2$ , etc. (Elliott et al., 2016), el *patrón* generado es capaz de obtener una media de errores significativamente más baja (26,17) (ver *Tabla 27* de apartado 4.2.4) en tanto que se obtiene una *dinámica motriz* con una *ganancia de corrección* superior.

La *autoorganización* desde la TSD muestra su complejidad y como todo sistema no lineal tiene comportamientos no siempre predecibles en sus tendencias, aunque podemos suponer que un *patrón* aprendido se podrá activar con un gesto previo, situación o contexto, incluso pasado un largo periodo de tiempo. Además, ese *patrón* que se generó de forma consciente con la práctica, en el tiempo, cuando se active, se podrá desencadenar inconscientemente a través de un contexto ambiental o gesto determinado que permita emerger ese *patrón* aprendido.

## 5.2.2 Intergrupo

En la *transferencia 3* se encuentran diferencias significativas en la variable *error de sincronización* entre el GC y el GE1: en prueba POST-HOC, GC – GE1 ( $F = 7,370$ ,  $P < 0,05$ ), donde el GC presenta el valor más elevado de media de errores en la variable (36,12), mientras que el GE1 muestra la media más baja de errores (28,75) (ver *Tabla 20*). Si bien, anteriormente, ya mostramos el no deterioro en otra variable (*error de nota*) del GE1 (con *restricción total* auditiva), en relación al resto de grupos en la fase de *retención*, parece confirmarse el buen comportamiento del GE1, aunque esta vez en la variable *error de sincronización* con respecto al GC (con práctica continua sin *restricción*) y en la prueba de *transferencia 3* (M4 a 39 PPM) en la comparación del intergrupo.

La prueba de *transferencia 3* era una melodía transferida (M4) con compases desorganizados, aunque conservando el mismo orden interno de las células melódicas y la misma velocidad de 39 PPM que en *posttest*. Es decir, los 48 *elementos* practicados, pero agrupados en 12 *células* (de cuatro *elementos* cada una), fueron desorganizados, aunque se mantenía la estructura interna de cada célula. Los individuos debieron de adaptarse a esa distribución, guiándose, a través de la partitura, por la nueva disposición de los elementos. Las *affordances* del nuevo contexto posibilitaron que emergiera la nueva secuencia de *patrones coordinativos* sincronizándose con el foco auditivo externo del metrónomo. Los cambios de los *patrones coordinativos* se pueden producir por diferentes motivos: a través de los *límites mecánicos* de las articulaciones o por un *coste metabólico* más bajo o por las *consecuencias sensoriales*. En lo relacionado a las *consecuencias sensoriales*, las *transiciones* se producen por cambios en la información que llega al sistema nervioso central (SNC), y se observa que los cambios en la información sensorial, vestibular o la eliminación de la visión producen cambios en los *patrones*, según Corna, Tarantola, Nardone, Giordano y Schieppati (1999); también en Horak, Nashner y Diener (1990). Aunque los movimientos de los aprendices del GE1 no sólo fueron producto de la acción del SNC, sino también de las propiedades energéticas y biomecánicas del cuerpo, de la influencia del medio, de los objetivos de la tarea y de las relaciones entre ellos que no serán jerárquicas sino *autoorganizadas* y no lineales (Thelen, Corbetta y Spencer, 1996).

Además, puede suceder que cuando un sujeto domina una determinada coreografía a la velocidad de competición, tope con grandes dificultades para cambiar la posición de alguna parte del cuerpo en algún momento de esa coreografía. Para conseguir superarlas, deberá ralentizar sus movimientos y entrenar a una velocidad muy inferior hasta lograr que la nueva posición atraiga al sistema (Torrents Martín, 2005). En este contexto de transferencia en el GE1, con una tarea de *grados de libertad reducidos*, los *patrones* aprendidos pudieron ser transferidos con éxito a la misma velocidad de *posttest* y *adquisición* sin variar el *parámetro de control* de la frecuencia del movimiento ni, tampoco, el



*parámetro de orden*, que se mantuvo con la condición en fase. Los *patrones* en fase se sabe que benefician a la regularidad del movimiento, mientras no se varíe el *parámetro de control* de la *frecuencia del movimiento*, como se comprobó con el modelo teórico no lineal de HKB (Haken et al., 1985) que explicó el comportamiento coordinativo.

En la TSD la modificación de los *parámetros de control* y el *entorno* son los que facilitan la desestabilización en la distribución de los *atractores* existentes; emerge entonces el comportamiento sin necesidad de instrucciones precisas, impulsando el *atractor* en la dirección deseada (Torrents Martín, 2005), como ocurre, por ejemplo, cuando se dan *restricciones* de la tarea (Araújo, 2006), que es el tipo de *restricción* aplicado en el GE1. El *patrón* que resultó de esa *autoorganización* tuvo unas características únicas en función de la disponibilidad de las *fuentes de energía* durante la realización de la tarea. Procede ahora matizar la idea de *retroalimentación* referida a la TSD; se afirma que todo organismo vivo está constituido por una gran cantidad de *bucles de retroalimentación*, debido a que nunca se reproducen las mismas condiciones en los sistemas abiertos y, por tanto, nunca se recupera el punto de partida; por ese motivo es más adecuado llamar [a este proceso] *realimentación* (Torrents Martín, 2005). Los *bucles de realimentación* permiten los dos tipos de *regulación* que responden a dos principios de los *sistemas dinámicos*: la *estabilidad* y la *adaptabilidad*. La primera consigue la persistencia de condiciones a pesar de los cambios del entorno (*realimentación* negativa) y la segunda permite al sistema ajustarse a los cambios de condiciones internas y externas (*realimentación* positiva) (Capra, 1996). Por ello, desde la TSD se difiere radicalmente de la visión de Piaget, que asume que las modalidades sensoriales son diferentes y separadas, puesto que, efectivamente, hay separación y divergencia de información sensorial en muchas áreas funcionales, aunque estén conectadas. La tarea del aprendiz en el desarrollo no será la de construir sino la de seleccionar entre las múltiples posibilidades de *asociación* (Thelen et al., 1996).

Dichas *asociaciones* pueden ser enormemente profusas dentro de la *autoorganización* de los sistemas biológicos, como por ejemplo el *arrastre*, que nos interesa aquí especialmente, ya que está siendo ampliamente utilizado, porque se refiere al proceso de alineación entre sistemas. Ross y Balasubramaniam (2014) señalan que el *arrastre* a través del medio ambiente es posible con cualquier modalidad sensorial: auditiva, visual, táctil o vestibular. Supone el acoplamiento del cerebro al comportamiento, llamando *neuro-arrastre* o *neuroentrainment*, comúnmente utilizado como paradigma en la investigación del *neuro-arrastre* para el estudio de la relación temporal entre el cuerpo y la estimulación rítmica que se da en el medio ambiente (Balasubramaniam, 2006; Keller y Repp, 2008). Acoplamiento temporal entre el cuerpo y la estimulación rítmica utilizado para estudiar: (1) la variabilidad, la estabilidad y la adaptabilidad del *arrastre*; (2) la coordinación entre múltiples efectores y el medio ambiente; y (3) la base neural del ritmo y el cronometraje rítmico. Mientras que los dos primeros se han beneficiado en gran medida



del desarrollo de modelos de *sistemas dinámicos*, el último ha tenido mucho éxito en los últimos años debido a los avances del estudio de las imágenes cerebrales (Ross y Balasubramania, 2014).

En particular, nos interesa el comportamiento de los *arrastres* en ausencia de *realimentación* auditiva y el comportamiento del *patrón rítmico* que se formó sin el CR auditivo en el caso del GE1, aunque estén presentes el resto de modalidades, que, a continuación analizamos cómo afectaron.

Empezando por la háptica, que Gibson (1966) definió (el sistema háptico) como la percepción por el individuo del mundo adyacente a su cuerpo, mediante el uso de su propio cuerpo. El sistema de percepción háptico es especial, porque puede incluir los receptores sensoriales ubicados en todo el cuerpo y está estrechamente relacionado con el movimiento del cuerpo de forma que puede tener un efecto directo sobre el mundo que está percibiendo. Lobo y Travieso (2012) añaden que el tacto dinámico o cinestésico es un subsistema del tacto que nos permite acceder a propiedades de los objetos a través de la acción, para lo cual cuenta con la participación del esfuerzo muscular y sus consecuencias sensoriales (Jones y Lederman, 2006); accediendo a la longitud, el peso, la anchura, la forma o la orientación de la mano y del objeto que se maneja (Turvey, 1996). Además del tacto dinámico que es una *unidad funcional* en sí misma formada por conjuntos de músculos y tejidos que, durante la exploración de los objetos, son sensibles a la dinámica rotacional y a los movimientos, y detectan además, invariantes físicos (Gibson, 1966; Turvey, 1996).

La otra modalidad presente fue la visual. Gibson (1979) enfatizó que la información que da el medio es causante de las actividades del organismo (entendido siempre como un todo). En sus estudios sobre la visión, Gibson no consideró que ésta dependa sólo del ojo conectado al cerebro. Dependerá de los ojos, que están en la cabeza, que está en un cuerpo que está sobre el suelo, y el cerebro no será más que el órgano central de todo el sistema visual. Propone así un nuevo método para entender la percepción que debe describir el medio, la información posible de recibir y el proceso en sí de la percepción (Torrents Martín, 2005).

En este contexto de *restricción* del CR (restricción total del audio de los sonidos ejecutados, pero no del pulso auditivo del metrónomo) y en el caso particular del GE1, debió jugar un papel determinante en los *arrastres*, en lo que denominamos, en esta tesis, como *hipótesis de arrastres múltiples* y que seguidamente desarrollamos.

Comenzamos partiendo del *arrastre auditivo*. Krause et al. (2010) ya detectaron que los participantes trasladan sus dedos más rápido al tocar con un metrónomo auditivo (foco externo) que con respecto a uno con luz intermitente sin audio, y que esta diferencia se produjo principalmente en la fase de flexión (movimiento hacia abajo) de

los dedos, presumiblemente porque reflejó un *patrón rítmico* fuerte en fase, además sabiendo que la condición *unimodal* del audio en el *arrastre* tiene la tasa más alta (79,2%) de respuestas correctas en sincronización con respecto a la condición bimodal (Jokiniemi et al., 2008).

Por otro lado, la importancia de la vía visual, ya apuntada por Banton (1995), West (1967) y Diehl y Seibel (1962), fue relevante para el papel que desempeñó el *atractor visomotor* en la ruta hacia el *arrastre visomotor*. Así, estudios recientes demuestran la hipótesis que explica la mejora del *arrastre* espontáneo que provoca un *acoplamiento neuromuscular* o bien una *sinergia* entre los movimientos de las extremidades y los movimientos oculares (Varlet, Bucci, Richardson y Schmidt, 2015). Partimos de que la coordinación *visomotora* es típicamente más débil y menos estable que la coordinación intrapersonal (Richardson, Lopresti-Goodman, Mancini, Kay y Schmidt, 2008; Schmidt, Bienvenu, Fitzpatrick y Amazeen, 1998), mas existen evidencias de que los movimientos de los ojos establecen un *acoplamiento neuromuscular* o *sinergia* entre el ojo y el miembro intrapersonal. Numerosos estudios confirman que se ha encontrado influencias mutuas entre los ojos y los movimientos de los miembros y que apoyan la existencia de tal acoplamiento neuromuscular (Engel, Anderson y Soechting, 2000; Falciati, Gianesini y Maioli, 2013; Gauthier, Vercher, Ivaldi y Marchetti, 1988; Koken y Erkelens, 1992; Lünenburger, Kutz y Hoffmann, 2000; Maioli, Falciati y Gianesini, 2007; van Donkelaar, Lee y Drew, 2000).

Se establece así que la *realimentación* y la *autorregulación* están íntimamente relacionadas y que la *realimentación* propaga la señal dentro del sistema desde su salida hacia su entrada, formando el ya mencionado *bucle de realimentación*, por medio del cual se puede obtener una *realimentación* negativa, que es la más común y que ayuda a mantener la estabilidad en un sistema a pesar de los cambios externos, es decir la homeostasis. También se puede obtener una *realimentación* positiva, la cual amplifica las posibilidades creativas (evolución o cambio hacia metas), que es la condición necesaria para incrementar los cambios, la evolución o el crecimiento, y que da al sistema la capacidad de tener acceso a nuevos puntos del equilibrio.

Por medio de la *autoorganización* del sistema, en este contexto experimental se formaron los *múltiples acoplamientos de los arrastres*; entre los cuales el *arrastre auditivo* tuvo el *atractor* relacionado con el foco externo del metrónomo y el *arrastre visomotor* tuvo el *atractor* en el movimiento de dedos (Varlet et al., 2015). Además, como tercer *acoplamiento*, que cerró el *bucle de realimentación*, nos encontramos con el *acoplamiento háptico* y su *atractor* en fase de los movimientos de los dedos como *parámetro de orden*, de acuerdo al modelo HKB (Haken et al., 1985). Athènes, Sallagoïty, Zanone y Albaret (2004) detectaron que el comportamiento *multiestable* se dio cuando emergieron más estados de *atractores*, hecho que abordamos más adelante en el presente apartado.

Así pues, toda naturaleza de un *acoplamiento* tiene un origen, el cual será *háptico*, en el caso de dos miembros de la misma persona (o será *visual* en el caso de un acoplamiento entre dos personas distintas, por ejemplo), aunque, en cualquier caso, como se ha comprobado desde la TSD, un *acoplamiento* háptico, por ejemplo, dependerá más de la interacción de la información (ver a Wimmers, Beek y van Wieringen, 1992; Baldissera, Cavallari, y Civashi, 1982; Baldissera, Cavallari, Maarini y Tassone, 1991) que de otro tipo de naturaleza, ya sea neural o del tipo de acoplamiento o de factores mecánicos como la inercia, etc.

Por ello, la percepción y la acción, cuando están interconectadas y son interdependientes, producen el ciclo y el acoplamiento de percepción–acción del modelo ecológico ya predicho por Gibson (1975), que se forma por la unión del organismo con el medio en el que interactúa. Por lo que el organismo no se adapta al estímulo sino que se coordina con él y, de este modo, emerge el comportamiento (Kelso y Schöner, 1988). Así, los *arrastres múltiples* no es más que una muestra de la capacidad de *autoorganización* que el organismo es capaz de realizar para afrontar una tarea determinada, e incluso de mejorarla bajo determinadas condiciones cambiantes mostradas con la significancia del GC – GE1 ( $F = 7,370$ ,  $P < 0,05$ ) en la variable experimental *error de sincronización*; por cierto, tan importante ésta para la disciplina motora musical.

Desde la TSD, el fenómeno de la sincronización en música es considerado como una *bifurcación* que el sistema sufre y que corresponde al nacimiento de una *oscilación automantenida*, y la percepción métrica un estímulo que provoca la formación de un *patrón* en el sistema dinámico (Large, 2000); la presencia de las *bifurcaciones* en el comportamiento de cualquier sistema será una señal de no linealidad. Aunque, como se indicó, los procesos de adquisición de nuevos *patrones coordinativos* se pueden producir principalmente siguiendo dos rutas distintas en función de la *dinámica intrínseca* del sujeto y de su relación con la *dinámica de la tarea* a aprender (en este supuesto con *restricciones* informacionales en la tarea): una ruta de *bifurcación*, que creó un nuevo *patrón de coordinación*, y una *ruta de cambio*, donde, en este caso, el *patrón* preexistente se modificó hacia la tarea requerida (en la prueba de *transferencia 3* con la M4). Estas rutas se observan en los sujetos al exhibir dinámicas biestables (ruta de *bifurcación*) o multiestables (ruta del cambio) (Jouhet et al., 2003; Kostrubiec y Zanone, 2002; Zanone, 2003). Aunque, en ambos procesos, se producirán en respuesta a una pérdida de estabilidad por la interacción de los condicionantes musculares e informacionales (Millieux et al., 2003).

En el presente caso de la *transferencia 3*, los sujetos del GE1 poseían una *dinámica intrínseca multiestable* que les permitió adaptarse al *patrón* nuevo sin modificar prácticamente la *dinámica* anterior, debido al *patrón* preexistente que fue transferido, el cual tuvo los beneficios de ciertas características de la *dinámica* en varios aspectos clave:

- ▶ El acoplamiento entre los miembros homólogos es más fuerte que entre lo no homólogos. Los pares de miembros (dos manos) producen patrones estables en el modo en fase (Kelso, 1999), debido a que las tareas en las que se deba coordinar diferentes miembros siguen *patrones* de 1:1 y tienen estados más estables que cuando las frecuencias se relacionan con patrones simples del tipo de 2:1 ó 3:2 (Peper, Beek y Van Wieringen, 1995).
- ▶ El modo en fase, como *parámetro de orden* que captura la dinámica intrínseca del sistema, que es la relación (en fase) entre los miembros oscilantes (Haken et al., 1985).
- ▶ La frecuencia de la oscilación de 39 PPM influye directamente en la fuerza del *atractor* (Walter, Swinnen y Franz, 1993), porque la frecuencia del movimiento contribuye a la estabilidad del *atractor* en tanto que aquella no varía en la prueba de *transferencia* (3) y favorece así a la formación del nuevo *patrón*.

Como ya se indicó, la *sincronización absoluta* en los sistemas vivos no existe desde la perspectiva de la TSD; la *sincronización es relativa*, o es relativamente estable (Amazeen et al., 2001; Kelso, 1999). Hecho que se puede apreciar también en las significancias de las *transferencia* 3 entre GC – GE1 ( $F = 7,370$ ,  $P < 0,05$ ) y sus respectivas medias de errores (36,12 y 28,75), que corresponden a los errores producidos que son propios de los sistemas biológicos plasmados en función de los *patrones* que se generaron en ambos grupos comparados.

Finalmente, la *hipótesis de los arrastres múltiples* que hemos propuesto sólo se explica desde la *autoorganización* en la actuación de los mecanismos de acoplamientos de los sistemas que se establecen en los *arrastres*, y por tener esa característica funcional autoorganizativa que beneficia a la gobernanza de los distintos acoplamientos. Como señalan Iversen y Balasubramaniam (2016), la SMS se debe enfocar desde la complejidad de los sistemas y no desde simples acoplamientos sensoriomotores más o menos flexibles. Nuestra hipótesis ha de mostrar cómo la *autoorganización* se enraiza desde el *arrastre auditivo* —cuyo origen es un *foco externo*—, que es el resultado del diseño de la tarea con *restricciones* del experimento, y que en paralelo con otros diseños donde el *arrastre* del foco sea de otra naturaleza como, por ejemplo el visual o el háptico, cambiará el orden en la autoorganización de los *arrastres*. Otro factor importante para el éxito de estos acoplamientos de *arrastres* es el ya mencionado de la *identidad* del *atractor*; en este caso, el estímulo temporal y su relación íntima con la variable *error de sincronización*, como señalan Frings y Spence (2010) al explicar la *identidad* del estímulo que opera en distintas modalidades. No sólo el *foco externo* puede o no interferir en los procesos de *autoorganización* de la dinámica del movimiento mientras los sujetos

exploran la tarea, como ya apuntaron Davids et al. (2002), sino que afirmamos que este *foco externo* se integra en el sistema.

En resumen, se muestra que los sistemas del comportamiento motor son más variables y ricos de lo que parecen, incluso dentro de una misma condición o estadio de la fase de aprendizaje, o dentro de las condiciones en que se encuentre el aprendiz durante la adquisición de una tarea motora, capaz de un comportamiento muy diferente con respecto al siguiente estadio, lo que denota un enorme dinamismo del sistema, en el cual mecanismos diferentes entran en juego dependiendo del grado de adquisición de la tarea. Las *restricciones* pueden ofrecer ventajas que evitan que el sistema se convierta en dependiente, obligando a crear por sí mismo ciertos, nuevos acoplamientos que proveen y hacen aflorar nuevos mecanismos de control incluso más eficaces con ciertas variables. Somos conscientes del enorme reto que representa el estudio de ellos, porque no son siempre constantes, ya que dependen de la tarea, las condiciones ambientales, del sujeto, etc. Aunque, sí que emergen en determinadas condiciones. Cada día, con los aportes de los nuevos estudios parece aclararse cada vez más el complejo entramado sensoriomotor.

Por eso, lo que apuntó Bernstein (1967) es que la organización del movimiento puede ser entendida como la armonización recíproca de muchos procesos cinéticos e informacionales simultáneos; mostró, también, la naturaleza abstracta del fenómeno y comprendió la imposibilidad de explicarlo únicamente desde una visión neuro-fisiológica (Torrents Martín, 2005). Asimismo, desde la *teoría ecológica* no se considera la existencia de procesos cognitivos superiores que guíen la acción, sino que el sujeto percibe directamente sin necesidad de ninguna elaboración mental previa (Ruiz, 1994). Desde la perspectiva *dinamista*, la cognición y la acción son descritos por medio de términos como: *atractores, estabilidad, transiciones, acoplamientos*, etc. (Beer, 2000). Respecto al *acoplamiento*, éste es sin duda un mecanismo de coordinación; el *arrastre* es, de hecho, un *acoplamiento* también físico entre modalidades y, por ende, el *arrastre múltiple* se considera un *acoplamiento múltiple*. En este contexto, durante la adquisición de la M3 el sujeto se vio abrumado por la falta de estabilidad en el desempeño. Bernstein (1967) describió este proceso de desarrollar y aprender habilidades como un proceso de constreñir y soltar *grados de libertad* donde los sujetos, durante el aprendizaje, crean y aniquilan *sinergias*. Por todo ello, Bernstein señaló que el control central de los *grados de libertad* redundantes del cuerpo humano es imposible; cuestión que elimina cualquier relación directa y unívoca entre las señales eferentes y los propios movimientos. Desde este enfoque, el *arrastre múltiple* quizás sea una simple *sinergia* de tipo modal y, como señala Bernstein (1967), las *sinergias* son unidades funcionales, flexibles y temporalmente reunidas de forma específica; y dentro de la perspectiva de los *sistemas dinámicos*, las variables que controlan esas *sinergias* se denominan *parámetros de control* (Schöner et al., 1992). El *arrastre múltiple* simplemente tuvo el papel de "*sinergia modal*" para

integrar las características intrínsecas de las tres modalidades de las matrices energéticas, puesto que el sistema visual es inherentemente espacial y se actualiza a tiempo real, mientras que la modalidad propioceptiva necesita un reconocimiento de los objetos táctil y requiere una integración de la información somatosensorial espacial a través del tiempo; y la modalidad del audio, una integración de los sonidos secuenciales del “que” y del “donde” (Dijkerman y de Haan, 2007). En conjunto, la palabra información dentro de la *teoría de los sistemas dinámicos* no se identifica con lo que se “dice” sino con lo que se “puede decir”, por lo que la información da la medida de la libertad de elección a la hora de seleccionar un mensaje (Torrents Martín, 2005).

Así, la *sinérgica* utilizará conceptos tales como: grados de libertad, variables colectivas, atractores..., fundamentales para comprender la “estrategia sinérgica” (Torrents Martín, 2005). El *arrastre múltiple* es, intrínsecamente, una serie de mecanismos coordinados sinérgicamente, con un funcionamiento interno *autoorganizado*, donde una serie de acoplamientos modales en conjunto, se realimentan mediante la acción y percepción por medio de una guía coordinativa enraizada en un *foco externo*.

Por otro lado, también analizamos los valores significativos encontrados en la prueba de *retención* en la variable *error de sincronización* (no detectados por prueba ANOVA), aunque sí en prueba POST-HOC en el GC – GE1 ( $F = 6,739, P < 0,05$ ), GC – GP ( $F = 9,117, P < 0,05$ ). Estos datos continúan confirmando el buen comportamiento del *patrón* ya descrito, formado bajo la *restricción total* del audio en la adquisición del GE1, aunque también se obtiene significancia en el GP con la *práctica continua*, por lo que deberemos tomar los datos de esta variable experimental con cierta cautela hasta que analicemos más adelante las demás variables de errores y podamos tener una visión más general del comportamiento de estos dos grupos. Si bien es cierto, como ya se indicó en el anterior apartado 5.1.1, que podrían ser [esos datos] un indicador del buen comportamiento del *patrón* generado en el GE1; el único grupo que no se deterioró en la misma prueba, en comparación intragrupo (*postest y retención*), frente al resto: GC ( $P < 0,05$ ) (ver *Tabla 24*), GC2 ( $P < 0,01$ ) (ver *Tabla 26*), GC3 ( $P < 0,01$ ) (ver *Tabla 27*) y GP ( $P < 0,01$ ) (ver *Tabla 28*), en la variable *error de nota*. Aunque, contrariamente, en la variable *error de nota falsa*, el GP y GC ofrecen resistencia al deterioro en la misma comparación intragrupo frente al GE1 ( $P < 0,05$ ) (ver *Tabla 25*), GE2 ( $P < 0,01$ ) (ver *Tabla 26*) y GE3 ( $P < 0,05$ ) (ver *Tabla 27*).

### 5.3 ERROR DE PULSO EN BLANCO

Esta variable se relaciona con lo que comúnmente se denomina en música como “pérdida de ritmo”, y con una falta de continuidad en la ejecución por la falta de *fluidez* en la música como señala Pfordresher (2008), producida por lo que denominó como *per-*

*turbación*; la cual, según Pfordresher (2005), es responsable de la *activación* de eventos destinados a otras posiciones de secuencias musicales distintas a la actual que al competir entre sí por la activación de los mismos produce [la *perturbación*] una degradación en la ejecución (Pfordresher, 2004; 2006).

### 5.3.1 Intergrupo

En la prueba de *retest* se encuentran diferencias significativas en la variable *error de pulso en blanco* entre los grupos GE3 – GC ( $F = 2,817, P < 0,01$ ), GE3 – GE1 ( $F = 2,597, P < 0,01$ ), GE3 – GE2 ( $F = 2,631, P < 0,05$ ) y GE3 – GP ( $F = 2,187, P < 0,05$ ) en la prueba ANOVA y POST-HOC (ver *Tabla 13*). El GE3 obtiene los valores más altos de media de errores (3,24) en esta variable (ver *Tabla 12*), siendo resultados significativamente negativos con respecto al resto de grupos. Indicando que el GE3 obtuvo pérdidas de tiempo en su ejecución con respecto a los 48 pulsos de metrónomo estipulados, que se correspondieron con los 48 elementos que formaban la tarea de la M2 a velocidad de 30 PPM y mostraron que la *restricción parcial* no parece beneficiar a la variable de *error de pulso en blanco*.

Desde los postulados de la TSD, es preciso señalar la relación entre *estabilidad* y *flexibilidad* dentro del comportamiento de los *sistemas dinámicos* naturales. Bajo este enfoque, el principiante puede ser concebido como un sistema dinámico de movimiento que busca estados estables y funcionales de coordinación (*atractores*) durante una actividad dirigida hacia una meta (Handford et al., 1997). Lo importante del término *funcional* es que significa que un *patrón* de comportamiento apoye al ejecutante en la realización de una meta específica de la tarea (Newel et al., 2001). Aunque los *atractores* pueden tener diferentes grados de estabilidad e inestabilidad, la medida de la estabilidad será el *tiempo de relajación* o el denominado *critical slowing down*. Si el sistema se alejó de su estado *atractor* o punto estacionario por una *perturbación*, el tiempo que tarda en retornar ese punto dependerá bastante de la medida de la *perturbación* y más aún de la estabilidad del *atractor* (Schoz, Kelso y Schöner, 1987). Cuanto más pequeño sea el tiempo de relajación, más estable será el *atractor* si se da un incremento de este tiempo de *critical slowing down* (Kelso y Ding, 1993). En el caso del GE3, obligaría a “recalcular” la nueva pulsación en fase para hacerla corresponder con el pulso externo en el siguiente tiempo de pulsación. Así sucedió mientras el sujeto necesitó ese tiempo adicional hasta terminar por completo la ejecución de la M2, incrementándose en consecuencia los errores de *pulso en blanco*. No obstante, se sabe que en las *fluctuaciones* los tiempos de relajación son más prolongados en el modo antifase que en el modo en fase (Court, Bennett, Williams y Davids, 2002). Ello podría explicar porqué no se produjeron mayores errores de *pulsos en blanco*.



La *variabilidad* será una medida de la inestabilidad de un *atractor*, así como de la resistencia a las *perturbaciones*. Aunque la *variabilidad* y las *fluctuaciones* no pueden ser consideradas ruido o desviaciones de un *patrón* ideal, sino un índice de la fuerza del *atractor* y un fenómeno deseable y eficaz en el aprendizaje o en el desarrollo. En estos periodos de variabilidad, el sistema es más influenciado a las *perturbaciones*, por lo que se puede aprovechar para enseñar tareas de forma más eficaz. No obstante, se deberán escoger aquellas *perturbaciones* que cambien los *patrones* en la dirección deseada y evitar aquellas que no tengan efecto o que puedan impedir la capacidad del sistema para realizar la tarea (Torrens Martín, 2005). Puede que la *restricción parcial* como *parámetro de control* necesitara más tiempo de práctica en la adquisición del GE3 para lograr el *patrón* deseado y tener un efecto en esta variable. Sabiendo que es común que las *transiciones* ocurran si el nuevo *patrón* que se forma y los objetivos de la tarea pueden ser satisfechos con unos costes de información más bajos. Sin embargo, la tarea se cumplirá, siempre y cuando los condicionantes biomecánicos no sean excesivamente difíciles y, por tanto, la organización neuromuscular del individuo le permita ejecutar la tarea (Calvin y Temprado, 2003).

No nos sorprende que suceda lo mismo en la prueba de *transferencia 1* (con la M2 esta vez a velocidad de 45 PPM), donde se muestra exactamente la misma tendencia de deterioro significativo en el GE3 que en prueba de *retest*, encontrándose valores significativos negativos con respecto a los distintos grupos (a excepción del GP) GE3 – GC ( $F = 3,742, P < 0,01$ ), GE3 – GE1 ( $F = 3,923, P < 0,01$ ) y GE3 – GE2 ( $F = 2,976, P < 0,05$ ) en la misma variable de *error de pulso en blanco* (ver *Tabla 15*). No obstante, en la *transferencia 1* se aumentó el *parámetro de control* de la frecuencia del movimiento a 45 PPM, hecho que no provocó tampoco cambios con respecto a la tendencia anterior mostrada en la prueba de *retest* y que nos indica que la *dinámica intrínseca* del GE3 siguió manteniendo las mismas características del *patrón* formado en la fase de adquisición que se mostró en la prueba de *retest* a 30 PPM.

### 5.3.2 Intragrupo

En la comparación intragrupo entre fases de *postest* y *retención* del GE3, con un deterioro significativo de la variable *error de pulso en Blanco* ( $P < 0,05$ ) (ver *Tabla 27*), el GE3 persiste en el deterioro significativo de la variable *error de pulso en blanco* ( $P < 0,05$ ) en las pruebas de *retención*, *transferencia 1* y *retest*, indicando, como se apuntó, que la *restricción parcial* como *parámetro de control* en la fase de adquisición no fue capaz de proveer un *patrón* adecuado para esta variable.



Llamó la atención que el GE3 obtuviera resultados significativamente positivos en la variable *error de sincronización* GE3 ( $P < 0,05$ ) (ver *Tabla 27*) (ver apartado 5.2.1), en la misma prueba de *retención*.

Desde la perspectiva de la TSD, la *sincronización absoluta* en los sistemas vivos no existe (Amazeen et al., 2001), y la concepción de la *sincronización relativa* y su relación con el GMP cambia totalmente, como apunta Torrents Martín (2005) cuando señala que se ofrece una nueva evolución en relación a la perspectiva del programa motor y la idea del GMP.

Kelso (1997) destacó que en las primeras teorías se consideró al *timing* relativo como una propiedad invariante o prácticamente invariante de las acciones gobernadas por el GMP, mientras que desde la perspectiva de la TSD, la *sincronización relativa* es relevante para explicar la estabilidad temporal del *patrón*; es decir, produce una tasa baja de *errores de notas en blanco* si fuere el caso, o bien, en música, lo que denomina Pfordresher (2008) más o menos *fluidez*.

Torrents Martín (2005) añade que la estabilidad temporal no es sinónimo de invariancia, ya que desde la TSD los experimentos muestran que la estabilidad de los patrones coordinativos a la vez que su flexibilidad van en función de los componentes que actúan y de sus propiedades biomecánicas, demostrando que la *estabilidad* temporal puede perderse cuando ciertos parámetros varían y que también puede mantenerse a pesar de que se recluyan o se supriman grados de libertad.

La *perspectiva dinámica* enriquece a la *teoría del esquema* en estos aspectos al incluir propiedades que no pueden explicarse con la teoría del *programa motor*. Según Torrents Martín (2005):

- Las fluctuaciones, predicen el cambio entre *estados de coordinación*. Este concepto se relaciona con la *estabilidad* o con la *desestabilización* de un patrón, características de la dinámica de la coordinación autoorganizada, pero no de los GMP. Las variaciones ya no se consideran errores de la respuesta del programa motor, sino que tienen un rol constructivo.
- El tiempo de relajación y el *critical slowing down* muestran cómo los *atractores* presentan diferentes grados de estabilidad y cómo se ven afectados por las perturbaciones. Estos fenómenos también serían difícilmente explicables si la coordinación dependiese de la existencia de programas motores.
- Las *transiciones* de fase y las *bifurcaciones* no se describen cuando se explican los GMP.
- La *multiestabilidad* y la *histéresis*. La presencia de más de un *atractor* en un sistema sometido a las mismas condiciones sólo se explica bajo el punto de vista

de la programación motriz si hay varios programas motores para una misma tarea o fenómeno.

- El descubrimiento de ecuaciones que describen el movimiento y que gobiernan el comportamiento de diferentes estructuras en tareas similares, ya sea con condiciones y mediante componentes distintos.

Thelen y Smith (1998) tampoco están de acuerdo con la existencia de generadores centrales de patrones o programas motores, ya que estos producen patrones fijos que no se adaptan a la constante variabilidad del medio.

La diferencia más remarcable entre las dos visiones es, en opinión de Torrents Martín (2005), que la psicológica considera que todos los condicionantes dependen en última instancia de la percepción, mientras que la dinámica considera que, aunque la percepción es prioritaria, los condicionantes biomecánicos o del entorno pueden resultar insalvables e imponerse a los condicionantes perceptivos.

### 5.4 ERROR DE NOTA FALSA

---

La fluctuación o no de la variable de *error de nota falsa* tuvo en origen la consecuencia de una deficiente terminación del movimiento al final de la trayectoria de los dedos, una falta de exactitud, tan exigente en flauta, que no permite ninguna galga de aire entre la yema y los orificios del cuerpo de la flauta. Aún realizando el movimiento correcto durante el recorrido del dedo, la pulsación final podría ser deficiente, mientras que el aire escapa y produce, automáticamente, un deterioro o eliminación de la fundamental de la nota que se pretende conseguir y, por ende, el deterioro inmediato del sonido (Gérard, 2011; López, 2013; Osorio et al., 2012) (ver apartado 3.2. de Variables de Estudio). Es la variable de *error de nota falsa* la encargada de medir ese deterioro, ya que, en cualquier tarea motriz, el grado entre experto y aprendiz empieza a medirse por la consecución de ciertas premisas muy específicas de los movimientos, como, por ejemplo, la precisión y el control de los grados de libertad; y en las etapas hacia una ruta al *comportamiento experto*, un aspecto que se considera vital es el control de esos *grados de libertad*, el cual consiste en oponerse y controlar las fuerzas pasivas (reactivas, de fricción y de inercia resultantes de una tarea motriz) o en intentar extinguirlas (Vereijken y Bongard, 1999). Bernstein (1967) señaló que es la etapa más alta de la coordinación y que permite que las fuerzas musculares activas generadas puedan ser reducidas al mínimo. Es durante la práctica cuando el movimiento genera información y, a su vez, éste genera nuevos movimientos, dando lugar a unas relaciones directas y cíclicas entre la percepción y el movimiento (Kugler y Turvey, 1987).

La variable *error de nota falsa* midió el grado de especificación experta del *patrón* de movimiento. Como señalan Repp y Su (2013), sobre la trayectoria del movimiento del dedo sincronizado al tocar música, el ciclo del golpe consta de las fases de flexión y extensión y de la realización típica de la fase inmóvil en el medio, que se produce en el punto de contacto (tiempo de permanencia en el tapado de orificios) o en la extensión máxima (tiempo de retención), y es la fase de flexión, en su finalización con el punto de contacto en el tapado, la clave de la resultante de esta variable. Para conseguir un *patrón* resultante óptimo, los sujetos debieron crear y aniquilar *sinergias*, de tal manera que cada sujeto pudo aprender y mejorar su aprendizaje por sí mismo cuando adquirió el control del balance entre los *apremios* y los lanzamientos de los *grados de libertad* (Bernstein, 1967), para conseguir finalmente un *patrón* de movimiento lo suficientemente eficaz como para evitar el deterioro de las *fundamentales* de los sonidos.

También sabemos que el *patrón* debió coordinarse con el soplo de aire del instrumento y que un soplo mal sincronizado (deficiente o excesivo) tuvo efectos en la columna de aire (ver apartado 3.2. de Variables de Estudio), ya que pudo deteriorar la *fundamental* de la nota, y así mismo relacionarse con ciertas parametrizaciones como, por ejemplo, la intensidad de soplado en bisel o la dirección del soplo con el momento de tapado.

### 5.4.1 Intergrupo

En la prueba de *retest* se encuentran diferencias significativas: en la prueba POST-HOC (no detectadas por la prueba ANOVA), en la variable *error de nota falsa* en el GC-GE2 ( $F = 6,060$ ,  $P < 0,05$ ), donde el GC (con práctica tradicional) obtiene la media de errores más alta (17,54) y el GE2 (11,48) (ver *Tabla 12*) la más baja de entre todos los grupos experimentales y placebo. Nos llama la atención el GE2, que recordemos que se sometió durante la adquisición a *restricciones visuales parciales*, ha conseguido una significancia positiva en esta variable tan específica y que tiene características propias del grado de experto, como señalamos. Evidencia que matiza lo expuesto en este aspecto por Banton (1995), West (1967), Diehl y Seibel (1962), que aseguraron que la visión es un requisito necesario para el rendimiento musical experto, ya que facilita la exactitud del movimiento en la tarea al tocar música a primera vista durante el proceso, aunque debemos señalar que la prueba de *retest* no se basó en la repentización (tocar a primera vista), que se relaciona más con pruebas de transferencia.

La cuestión es que parametrizaciones como por ejemplo la intensidad de soplado en el bisel o el acoplamiento del soplo con el momento de tapado, y la información propioceptiva / cinestésica, además del CR auditivo, etc. estuvieron presentes durante la fase de adquisición tanto en el GE2 como en el GC, y que, sin embargo, la significancia

positiva sólo se consiguió en el GE2. Es, por tanto, razonable pensar que la *restricción* de la visión debió de ser mediadora en la consecución de la mejora. Sabiendo, como señalan Vereijken y Bongaardt (1999), que las *restricciones* pueden jugar un papel decisivo en la ruta hacia el comportamiento experto, porque influyen en la adquisición de la coordinación del movimiento (Newell et al., 2001). Hay precedentes de *restricciones* visuales que fueron eficaces, como se muestra en los experimentos de Bennett et al. (1999), cuyos datos indicaron que los estudiantes forzados a buscar fuentes de información adicionales bajo condiciones de visión restringida demostraron un mayor efecto positivo y una 'acumulativa' mayor en la adquisición de la habilidad, que relacionan con el desarrollo de un almacén muy específico, interno, y de carácter multimodal y sensoriomotriz, que facilitó el reconocimiento y la anticipación de muchas fuentes diferentes de retroalimentación en relación con un objetivo de movimiento específico, que Bennett et al., explican con la *hipótesis de la especificidad de la práctica*. Aunque la clave de la mejora del GE2 podría relacionarse con un punto crítico de la hipótesis de Bennett et al. (1999) donde, aún con cantidades crecientes de práctica, no se conseguía la mejora esperada (Proteau et al., 1992). Suponemos que se debió a que el sujeto, durante la adquisición, tiene *estados de atracción* preferidos de conducta, ya que los sujetos que repiten y repiten un tipo de secuencia motriz en un mismo estado encuentran placer y no desean cambiar de situación (Ruiz y Arruza, 2002). La *restricción* visual parcial jugó aquí un papel desestabilizador que evitó la relajación en un mismo estado, favoreciendo el deseo de buscar inestabilidades para alcanzar nuevas estabilidades, surgiendo en ese recorrido los conocidos efectos positivos de las *restricciones* en la adquisición de las tareas (Clemente et al., 2012). Se produjo un aprendizaje más profundo de la M2, debido a que el GE2 tuvo un mayor control que el GC de los *grados de libertad* del sistema gracias a que las *estructuras de coordinación* lo convirtieron en más estable (Bernstein, 1967), también por el surgimiento de *patrones* relacionados con los movimientos articulados durante la acción gracias a la *restricción* visual (ver por ejemplo, Williams et al., 1999; Bennett et al., 1999). Todo lo cual facilitó que las *estructuras de coordinación* o *unidades de control* motor que gobernaban las articulaciones y los músculos de los dedos tocando la flauta bajo grados de libertad, al ser reducidos; estos organizasen agrupaciones o *sinergias* de las *unidades de control* (o unidades funcionales).

Recordemos que Sherrington en 1892 ya introdujo las *sinergias* de la coordinación neuromuscular para definir las combinaciones complejas de acciones musculares (Torrents Martín, 2005), pero fue Bernstein (1967) quien consideró a las *sinergias* como unidades funcionales, flexibles, temporalmente reunidas de forma específica. Dentro de la perspectiva de los *sistemas dinámicos*, las variables que controlan esas *sinergias* son las *variables colectivas* o *parámetros de control* (Schöner et al., 1992). Manteniéndose, pues, el mismo *parámetro de control* (frecuencia del movimiento a 30 PPM) y *parámetro de orden* (relación en fase de los dedos), tanto en fase de adquisición como en la prueba

de *retest* de acuerdo con el modelo HKB. Las *unidades de control* fueron temporalmente fijadas para realizar los ocho *elementos* que formaron la M2, aunque estas *unidades de control* son estructuras disipativas que también tienen la propiedad de la flexibilidad (Torrents Martín, 2005), todo lo cual facilitó la realización de los 64 *movimientos* que contiene esa combinación de los 8 *elementos* en juego (posiciones de dedos correspondientes a los 8 notas en juego) y que formaron la ejecución completa de la M2.

Así, la adquisición se produjo tanto para el GE2 como para el GC bajo los mismos *parámetros de control* y *parámetros de orden*. La percepción métrica del estímulo auditivo del metrónomo que se proporcionó provocó la formación de un *patrón* rítmico en el sistema dinámico y, presumiblemente, el sistema sufrió una *bifurcación* que correspondió al nacimiento de una oscilación automantenida que persistiría incluso si temporalmente desapareciese la pulsación (como sucede en muchas piezas musicales) (Torrents Martín, 2005). De esta manera, la *autoorganización* hizo su trabajo y sus consecuentes *patrones* emergentes estuvieron caracterizados por las *variables colectivas* del sistema (denominadas en física como *parámetros de orden*) (Kelso, 2000). El comportamiento de estos es imposible de definir mediante los conceptos clásicos de *feedback*, *input* y *output* o estímulo y respuesta, debido a la multitud de partes que interactúan y de las interacciones no lineales que se producen. Las *variables colectivas* definieron las relaciones estables y reproducibles entre los componentes interactuantes del sistema y también las ecuaciones del movimiento que gobernaron la actividad coordinativa se definieron mediante estas *variables colectivas* (Kelso y Ding, 1993). Dichas *variables colectivas* o *parámetros de orden* del sistema definieron, a su vez, los *grados de libertad* de éste. Como *parámetro de orden* se escogió la relación en fase entre los dedos y los estados estables fueron los *atractores* a tiempo con el metrónomo, porque se sabe que entre una tarea rítmica y una discreta se producen *sinergias* diferentes; en tanto que en el modelo de la acción se considera al movimiento rítmico un generador de *patrón oscilatorio* y al discreto un *atractor puntual* (para movimientos no rítmicos) (Sternad, Satzman y Turvey, 1998). El *patrón* antifase es menos estable, porque se aplican fuerzas de menor magnitud y es más variable con respecto a la frecuencia y a la magnitud del *patrón en fase* (Carson, 1995). Por todo ello se sabe que, tanto en el GC como en el GE2, se produjo un acoplamiento fuerte debido al movimiento en fase con respecto al metrónomo, también que en esa dinámica se presentaron aspectos claves: que todos los pares de miembros (dos manos, dos piernas, dos brazos...) producen patrones estables en modo en fase y que el acoplamiento entre los miembros homólogos es más fuerte (Kelso, 1999).

En el contexto concreto del GE2, el *feedback* hubo de ser relevante para cumplir un papel en el aprendizaje, y no fue efectivo sólo porque sí o por sí solo (Delignières, 1998). La provisión del *feedback* en la adquisición de la habilidad pudo tener implicaciones en los procesos emergidos bajo *restricciones*, en el caso del GE2, sobre el conocimiento del movimiento (con privación del CP a través de la vista), al usar los *feedbacks* como *apre-*

*mios* en el aprendizaje para dirigir la atención hacia las fuentes de información relevantes durante el desempeño (Araújo et al., 2004). La *restricción* fue la clave facilitadora para ello y teniendo en cuenta los tres tipos de *restricciones* ya señalados por Newel (1996), destacamos la aplicada al GE2, tal vez por ser las *restricciones* de la tarea una de las más importantes a considerar, por contener información disponible de los contextos específicos del desempeño que los sujetos pueden utilizar para sus acciones (Araújo, 2006, pp.64–65); porque los organismos biológicos como el humano están rodeados por un vasto conjunto de fuentes de información (acústica, cinestésica, etc.), que apoyan el comportamiento motor, incluyendo la toma de decisiones, el planteamiento y la organización de actividades orientadas a los objetivos. Específicamente, en cuanto a la *restricción* de la visión aplicada (en el GE2), Gibson (1979) en sus estudios no consideró que ésta dependiera del ojo conectado al cerebro. Propuso un nuevo método para entender la percepción, a través del cual se debe describir el medio, la información posible de recibir y el proceso en sí de la percepción (Torrents Martín, 2005). Surgió el concepto de *affordance* para describir lo que ofrece el medio y los juicios perceptivos en función de la capacidad motriz efectiva del sujeto (Granda, 1998, p.225). Wu (2008) añadió, además, que se debe dar una *affordance positiva* para que el sujeto tenga el deseo de alcanzar la meta. Así, los sujetos del GE2 debieron realizar el testeó analizando el cambio de contexto al cual debieron de adaptarse para realizar la tarea. El cambio llevó aparejadas *restricciones* y éstas, a su vez, cambios en las *affordances*; y en función de cómo afectó al sujeto la nueva situación de la *affordance*, en este caso, debió de ser *positiva*, según la significancia encontrada.

Lo que se pretendió con la *restricción parcial visual* fue que ésta se utilizara para guiar de forma continua las acciones del GE2 a medida que avanzó la ejecución de la tarea durante la adquisición, debiéndose utilizar las fuentes disponibles en ese momento: como la háptica y el audio, que durante el avance de la tarea fueron provocando cambios en los flujos de energía y proporcionando información específica de las propiedades dinámicas del contexto a los órganos; por un lado, con el *feedback* auditivo (CR) y, por otro, con los movimientos propios del sistema háptico, generando información que, a su vez, generó nuevos movimientos, dando lugar a unas relaciones directas y cíclicas entre la percepción y el movimiento (Kugler y Turvey, 1987). Sabiendo que la resultante de la interacción entre las percepciones y las acciones es uno de los *apremios* más poderosos (Gibson, 1966, 1979), hay que percibir a fin de avanzar pero también moverse con el fin de avanzar; y hay que tener en cuenta (dentro de la *teoría ecológica*) que la información para apoyar el movimiento requiere de una *ley de control* que relacione continuamente el estado del individuo y el estado del contexto (Araújo, 2006, p.66). Siendo consciente de ello, Bernstein (1967) ya señaló que las enormes "dimensionalidades" del cuerpo deben reducirse a un sistema controlable caracterizado por el orden, es decir, por *patrones* estables de coordinación, debido a que un solo movimiento está sometido a fuerzas

centrípetas, inerciales, de gravedad, etc., que constituyen un campo de fuerzas y multitud de *variables independientes*, ya que para realizar una acción coordinativa se debe reducir el número de *variables independientes* a controlar, es decir, se deberán reducir los *grados de libertad* del sistema, debido a que éste tiene más *grados de libertad* de los que necesita para realizar la acción (Torrents Martín, 2005).

De esta forma, el *parámetro de control* clave del programa de intervención (variable independiente), en el caso del GE2, son las variaciones ambientales producidas con las manipulaciones específicas que llevaron al sistema a los diferentes estados que produjeron el cambio (Kelso, 2000), en el cual, a veces, las *transiciones* ocurren si en el nuevo *patrón* los objetivos de la tarea pueden ser satisfechos con unos costes informacionales más bajos (como señalan Wimmers et al., 1992).

Habida cuenta de la presente significancia GC – GE2 ( $F = 6,060, P < 0,05$ ), partiendo de la perspectiva *ecológica*, cualquier acción dependió de la relación entre un parámetro del movimiento (la fuerza) y una propiedad relevante del *flujo perceptual* (información) (Torrents Martín, 2005). En ese *flujo de información* la *entropía* es la medida (Weaver, 1974) y es, también, la medida de la incertidumbre existente en ese conjunto “de mensajes” (de los cuales va a recibirse uno sólo), por lo que Wiener consideró que la cantidad de información en un sistema es la medida de su grado de organización (Wiener, 1961). En este contexto, la *restricción* presumiblemente facilitó la información y “los mensajes” que proveyeron el *patrón* adecuado para el GE2, obteniéndose esa característica de grado experto que implicó detectar la información relevante del ambiente y usarla para dirigir las acciones (Gibson, 1979), reflejando finalmente la significancia positiva en esta variable (*error de nota falsa*) tan exigente.

### 5.4.2 Intragrupo

Se han encontrado diferencias significativas en la variable *error de nota falsa* entre la prueba *postest* y la de *retención* en el GC ( $P < 0,05$ ) (ver *Tabla 24*), GE1 ( $P < 0,05$ ) (ver *Tabla 25*), GE2 ( $P < 0,01$ ) (ver *Tabla 26*) y GE3 ( $P < 0,05$ ) (ver *Tabla 27*), observándose un deterioro de la variable en todos ellos. El deterioro generalizado de esta variable en la *retención* no sorprende en absoluto. Indica claramente que es una variable que mide un *patrón* con unas características muy concretas y especiales en tanto que se relaciona con rasgos del comportamiento motor experto, como ya se apuntó en el apartado anterior, que requiere de una profundización de la especialización del *patrón* muy determinada, además de una parametrización y condiciones adecuadas para su formación. Se entiende, así, por qué tendió a deteriorarse más rápidamente con el paso del tiempo con respecto a otras variables. Se exigieron condiciones especiales y precisas al *patrón* de movimiento resultante en la fase final de tapado, como se puede observar, a tenor



de los resultados que muestran las elevadas significancias de deterioros, tanto en los grupos con *práctica tradicional* como en los grupos experimentales con *restricciones* totales o parciales auditivas y visuales. Vereijken y Bongaardt (1999) ya señalaron que, antes de que los sujetos puedan explotar la multiplicidad de *grados de libertad*, deben coordinarlos, lo que no es una tarea trivial, ya que, una vez conseguido, se necesita además reclutar *grados de libertad* adicionales para así aumentar sus posibilidades de acción. Mas, una vez vistos los resultados negativos de la *retención* en la variable *error de nota falsa*, no ocurrió así. La plasticidad del sistema nervioso permitió formar eventuales organizaciones de *grados de libertad*, pero no estables con el paso del tiempo. Quizás, si el *programa de intervención* hubiera tenido otros tiempos de aprendizaje para consolidar el *patrón* en los distintos grupos, se hubieran podido mejorar los resultados de esta variable en la *retención*.

Cuando se ejecuta un ejercicio bimanual, como es el caso, se consigue llegar antes a un estado de equilibrio dinámico durante la tarea, y la presencia de *fluctuaciones* será menor con *patrones* 1:1 que cuando se realiza con *patrones* de frecuencias distintas para cada miembro 2:1 o polirrítmicos (Sternad, Turvey y Saltzman, 1999). Además, los movimientos en fase generan un *patrón* más estable que cuando los movimientos son antifase (Sternad et al., 1998; Carson, 1995; Kelso, 1999), lo que implica que ambos miembros realicen un trabajo *bimanual* en fase. Aunque, ciertamente, el *patrón* requerido, tocando flauta, debe coordinar más o menos dedos para atender a los distintos *elementos* (posición de nota) requeridos en cada pulsación con respecto al foco externo, dándose ciertas transiciones entre *elementos* de la melodía, que obliga a realizar movimientos antifase en los cambios de una posición a otra (en las progresiones musicales ascendentes). Aunque, evidentemente, libera al sistema de tener que ocuparse de ellos (puesto que no hay pulsación), mientras que, contrariamente, cuando la progresión es descendente, se requiere la implicación de un mayor número de dedos para conseguir notas más bajas como por ejemplo DO', RE', MI', etc., haciendo que, aún siendo en fase, la variable *de error de nota falsa* registre los mayores índices de errores en estas áreas. En el presente caso, porque se requiere un *patrón* que debe coordinar un mayor número de dedos, además de mantener la fase final de tapado, y porque, lógicamente, cuantos más *elementos* se coordinen más complejo se vuelve el sistema; hecho que la variable *de error de nota falsa* reflejó en los registros mostrados.

## 5.5 DURACIÓN

---

La variable *duración* dependió de la fluctuación de terceras variables, como la variable *error de sincronización*, la variable *error de nota* o *error de pulso en blanco*. Con respecto a ésta última, por ejemplo, debido a que los pulsos del foco externo que no fueron



cubiertos con la ejecución de los movimientos planificados por las pérdidas de ritmo por parte de los ejecutantes, se produjo un retraso del conjunto de la ejecución, es decir, el aumento de los registros de la variable *duración*, la cual mide el tiempo total de ejecución de los 48 elementos (notas) planificados para *postest*, *transferencia 2* y *3* y *retención* para las melodías M3 (y M4 para *retención*); en el caso de la M2, el tiempo de ejecución de los 64 elementos planificados tanto en *retest* y *transferencia 1*.

Por otro lado, la variable de *error de sincronización* también influyó en la variable *duración*, puesto que un retraso o adelanto de la ejecución (ritmo) del sujeto con respecto al foco externo hubiera podido alargar o acortar el tiempo total de la tarea (melodía) respectivamente. Además, la confluencia de ambas variables (*error de pulso en blanco* y *error de sincronización*) en una misma ejecución pueden influir de diferente forma, alargándola o acortándola, o pueden contrarrestarse mutuamente, produciendo diferentes resultados en la variable *duración*, como veremos a continuación en los diferentes niveles de análisis de intergrupo e intragrupo.

### 5.5.1 Intergrupo

En la fase *retest* se encuentran diferencias significativas en la prueba POST-HOC no detectadas por la prueba ANOVA en la variable *Duración* GC – GE1 ( $F = 8,824$ ,  $P < 0,05$ ), GC – GE2 ( $F = 8,929$ ,  $P < 0,05$ ), GC – GP ( $F = 9,563$ ,  $P < 0,05$ ), obteniendo el GC el deterioro más alto de entre todos los grupos con una media de 14,14 (ver *Tabla 12*).

Observando los resultados, se puede considerar que el aprendizaje tradicional del GC sufre deterioros graves en esta variable. En tanto que el GP obtuvo resultados opuestos con el mismo diseño de práctica tradicional GC – GP ( $F = 9,563$ ,  $P < 0,05$ ), debemos tomar con precaución los resultados de esta variable en el *retest*. La discrepancia se pudiera deber a lo señalado anteriormente, en tanto que la variable *duración* depende a su vez del comportamiento de otras variables, como *error de sincronización*, *error de pulso en blanco* o incluso *error de nota*. Dependencia que añade variabilidad al resultado, si bien, habida cuenta de las significancias encontradas, éstas parecen dejar claro que el *patrón* de sincronización que se generó en el GC con práctica tradicional no tuvo un buen comportamiento con respecto al resto de grupos experimentales con *restricciones*. Los *patrones* generados con la tarea rítmica de metrónomo a 30 PPM bajo la influencia de las *restricciones* informacionales produjeron sinergias que involucraron articulaciones y músculos de forma más eficaz a la hora de producir los movimientos rítmicos; mostraron, asimismo, unos tiempos de ejecución significativamente mejores con respecto a la práctica continua (GC) durante el accionamiento de los 64 elementos propuestos de la M2 en prueba *retest*. Sabiendo que la *sincronización (timing) relativa* es relevante para explicar la estabilidad temporal

medida a través de la variable *duración* y que, desde la perspectiva *dinamicista*, dicha estabilidad de los *patrones* coordinativos, a la vez que su flexibilidad, irán en función de los componentes que actúan y de sus propiedades biomecánicas, el resultado de la dinámica del sistema músculo–esquelético dependerá de cómo se va a responder a los estímulos o *inputs* neuronales (Torrents Martín, 2005). Los grupos con *restricciones* de la información en la tarea pudieron utilizar la información disponible para guiar de forma continua las acciones a medida que avanzó la ejecución de la M2, mientras que la estructura de la energía de las áreas circundantes llevaba la información específica al practicante, ya que, estaba disponible para ser percibida directamente (Araújo, 2006). Se facilitó así la toma de decisiones, gracias a la especial relación ejecutante–ambiente, de la que emergieron las interacciones entre el individuo y las limitaciones ambientales como, por ejemplo, el tiempo (30 PPM) y los objetivos específicos (Araújo et al., 2006).

Shaw y Turvey (1999) indicaron que la *restricción* o la *libertad* dependen de tres fuentes: i) de los campos de fuerza externa de origen físico; ii) de los campos de fuerza internos de origen biológico; y iii) de los campos de información de origen psicológico (en el sentido ecológico). En este contexto de fuerzas, los GE1 y GE2 bajo *restricciones* informacionales debieron de generar *patrones* de movimientos rítmicos más estables con respecto al GC, aún jugando todos con los mismos *parámetros de orden* y *parámetros de control* en la adquisición y en la prueba *retest*. Por lo que habrá que buscar el porqué de los resultados entre la *dinámica intrínseca* capturada por el *parámetro de orden* (relación en fase del movimiento) y la *dinámica de la tarea* (con y sin restricción) (Kelso, 1999). Sabiendo que la *dinámica intrínseca* fue la tendencia espontánea de la coordinación del organismo en el inicio del proceso de aprendizaje, que la *dinámica de la tarea* fue influenciada por la especificidad de la tarea, la intención o la información del medio y que ambas *dinámicas* establecieron un proceso de cooperación–oposición (Schöner y Kelso, 1988 en Torrents Martín, 2005). En este contexto de tareas diseñadas con *restricciones* informacionales durante la fase de adquisición, el organismo no se adaptó al estímulo disponible, sino que se coordinó con él y así emergió el nuevo comportamiento (Kelso y Schöner, 1988). Gracias además a la percepción de una *affordance* positiva que el medio les proveyó y que el sujeto consideró posible realizar.

Lo que parece quedar claro es que la práctica tradicional (GC) (en la prueba de *retest* con la M2) mostró una pérdida significativa de la estabilidad en los *patrones* rítmicos adquiridos, debido al resultado de la interacción de los condicionantes musculares e informacionales (Millieux, et al., 2003), en tanto que no pareció consolidar las *sinergias* apropiadas que pudieran ofrecer una respuesta con *patrones* de movimientos rítmicos que cumplieran la ejecución de la tarea dentro de lo estipulado temporalmente.

En la fase de *transferencia 2*, también se encuentran diferencias significativas al someter los datos a la prueba POST-HOC, (no detectados por ANOVA) en la variable *duración* en el GE3 – GE1 ( $F = 6,075, P < 0,05$ ) (ver *Tabla 19*), donde el GE3 presentó la media de errores más elevada en la variable *duración* (9,83), mientras que el GE1 obtuvo la media más baja (3,75) entre todos los grupos (ver *Tabla 18*). Dicha prueba consistió en mantener el mismo *parámetro de orden* de los movimientos en fase con la señal externa auditiva del metrónomo, pero variando el *parámetro de control*, realizando la prueba a una frecuencia de movimiento mayor con un valor de 52 PPM.

Los cambios y la consolidación del *patrón* de coordinación del GE1, se debió generar durante la fase de adquisición del aprendizaje de la M3. Sabiendo por Bernstein (1967) que, inicialmente, se debió de aplicar una congelación de los *grados de libertad* y que, mientras progresó el aprendizaje, estos iniciales *grados de libertad* suprimidos fueron captados dentro del modelo de coordinación, de forma que la habilidad aprendida se volvió más flexible y adaptable a las condiciones cambiantes de la tarea. Llegados a la prueba de *transferencia 2*, el GE1 bajo *restricciones totales* del CR en la adquisición mostró el mejor resultado en la presente variable *duración*. Existen ciertos experimentos que han estudiado la contribución que tiene en el aprendizaje de los condicionantes propios del sistema (correspondientes al sistema neuromuscular–esquelético) y los propios de la tarea o del ambiente. Carson, Byblow, Abernethy y Summers (1996) valoraron la influencia de la frecuencia del movimiento y de la presencia de una señal externa auditiva en diferentes momentos de una tarea. El aumento de la frecuencia del movimiento producía un descenso lineal de la duración de las *transiciones* que se daban. Los datos significativos encontrados son un indicador claro de que ha habido una reorganización mejor del sistema, que normalmente ocurre durante el proceso de aprendizaje de la fase de adquisición, en el cual se suele dar la mejora. La *transición* no necesariamente debió ser progresiva, sino que los cambios en el *patrón* pudieron ser abruptos y no-lineales (Angulo-Barroso et al., 2011); de una forma u otra permitieron al GE1 adaptarse significativamente mejor al nuevo tiempo de ejecución (52 PPM) requerido en la *transferencia 2* con respecto al GE3.

### 5.5.2 Intragrupo

Se han encontrado diferencias significativas en las variable de *duración* entre las pruebas *postest* y *retención* en el GC ( $P < 0,01$ ) y GE1 ( $P < 0,05$ ). Esta variable se deteriora a las cinco semanas de ser aprendida con *práctica tradicional* (GC) y con *restricciones de audio totales* (GE1), aunque no se observa dicho deterioro en el GP con *práctica tradicional*, ni en el GE3, ni en el GE2, ambos con *práctica con restricciones parciales de audio y visual*, respectivamente.

La falta de resultados homogéneos tanto en los grupos con *práctica tradicional* y con *restricciones* a nivel intragrupo se debió a lo apuntado, en cuanto que la dependencia de la variable *duración* fluctuó en diferentes direcciones debido al comportamiento de terceras variables. Obtendremos una visión más precisa del comportamiento de las *restricciones* observando los análisis concretos de variables como *sincronización*, *pulso en blanco* o *error de nota*.

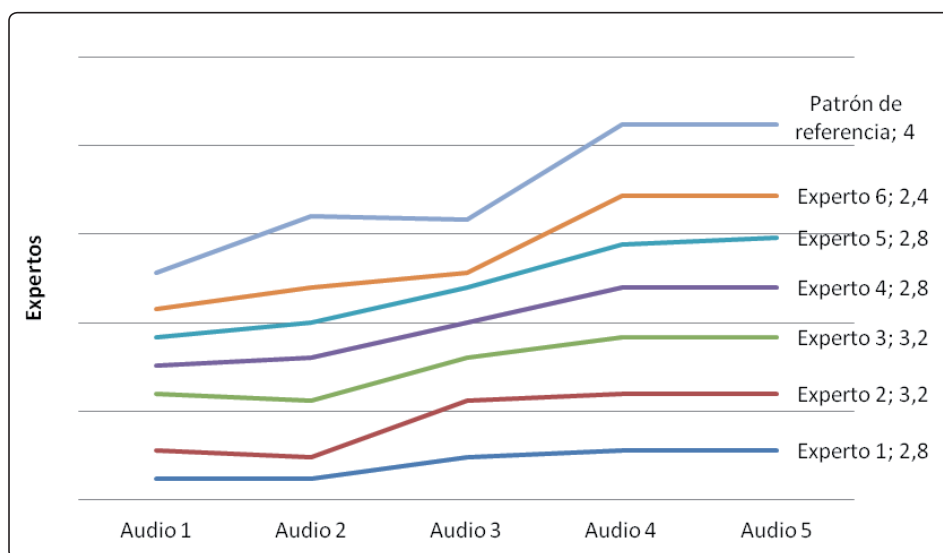
No descartamos que con otros tipos de práctica se pudiera aportar otros resultados más claros en esta variable, habida cuenta de los resultados con *restricciones* combinados con práctica variable aportados por Shea, Wulf, Park y Gaunt (2001). Y sabiendo que numerosos estudios (Magill y Hall, 1990; Schmidt y Lee, 1999, y otros) apuntan a la alta interferencia contextual como apropiada para la *retención* y *transferencia*. Además de la práctica diferencial que propone Schöllhorn (2016), que tan buenos resultados ofreció (Schönherr y Schöllhorn, 2003).

## 5.6 CALIDAD SONORA

La variable experimental de *calidad* dependió del timbre, que es la característica que confiere al sonido el contenido de armónicos (y parciales) que acompañan a la frecuencia de la *fundamental* que da nombre a la nota (Osorio et al., 2012). Entendiendo que la diferencia entre armónicos y parciales estriba en que, en los armónicos, la frecuencia de vibración de cada onda sinusoidal es exactamente proporcional a su sonido *fundamental*, que obedece al modelo matemático teórico de armónicos puros y a la serie o escala de armónicos. Mientras que, en las series de parciales, las frecuencias de cada sonido no son tan proporcionales respecto al sonido fundamental, puesto que responden a modelos prácticos reales que dependen de diversos factores particulares de cada ejecutante (López, 2013). Aunque en ambos casos, si se produce una desaparición o deterioro de la *fundamental*, conduce a un deterioro inmediato del timbre y de la variable *calidad*, acrecentado si cabe, por la razón de que el espectro físicoarmónico de la flauta tiene un sonido pobre en armónicos pero una *fundamental* muy intensa (Gérard, 2011).

En el procedimiento incluimos la opinión de seis expertos con la intención de conocer qué grado de consenso podríamos encontrar con ellos en la calificación de los audios, utilizando una encuesta sobre el sonido basada en Linortner (2001). Nos interesó especialmente la valoración que realizaron los expertos sobre el grado de *oscurantez* de los audios suministrados, donde se obtuvo un 70% de acuerdo en las definiciones propuestas (ver *Tabla 6* y *7* en apartado del Método 3.5.3.1. de Fase 3). En la *Figura 8* comparamos los diferentes patrones que resultaron de las calificaciones que otorgaron los seis expertos a cinco audios extraídos al azar de la prueba *postest* (ver *Tabla 8* de apartado 3.5.3.1.). Apreciándose una clara correlación de las trayectorias de los patro-

nes generados por las puntuaciones de los seis expertos entre sí con respecto al *patrón de referencia*. Donde en conjunto, se observa una dirección ascendente, partiendo del *audio 1*, calificado por los expertos con un grado bajo de *oscurantez* en consonancia con el *patrón de referencia*, mientras que en el *audio 2* observamos alguna fluctuación en los *expertos 1 y 2*, aunque la tendencia ascendente vuelve a ser retomada por todos los expertos en *audios 3, 4 y 5*, continuando la trayectoria ascendente culminando finalmente en los *audios 4 y 5*, los cuales reciben las calificaciones más altas en *oscurantez* por todos los expertos, en consonancia con el *patrón de referencia*.



**Figura 8.** Correlaciones de las trayectorias de patrones generados por seis expertos con respecto a un patrón de referencia.

Basándonos en estos resultados de la comparación de nuestro *patrón de referencia* con los datos por los expertos, se pudo confirmar que la presencia o no de la *oscurantez* en el timbre de la flauta dulce fue directamente proporcional a la presencia o no de las *fundamentales* de los sonidos. Y que, como se indicó, las ejecuciones defectuosas en la fase final de tapado del movimiento rítmico de los dedos fueron las causantes directas del deterioro o desapariciones de éstas, además de que el timbre del sonido tendiera a adquirir poca o muy poca *oscurantez*. Se obtuvieron así las calificaciones más bajas en la variable *calidad*, por los deterioros de los espectros más graves de los sonidos relativos a la zona de la *fundamental* e incluso de su primer o segundo *armónico*.

### 5.6.1 Intragrupo

Encontramos diferencias significativas en el análisis de comparación intragrupo entre pruebas *postest* y *retención* del GE1 en la variable *Calidad* ( $P < 0,05$ ) (ver *Tabla 25*). En esta variable (al contrario que en el resto de ellas) se da una mayor calificación, que corresponde con una mayor calidad sonora, mostrándose que la imposición de *restricciones* totales auditivas en el GE1 no mejoró la variable *calidad* en la *retención*, sino que se deterioró significativamente. De igual forma sucedió con las variables (*error de nota falsa* y *duración*) en el mismo análisis intragrupo del GE1 entre *postest* y *retención* (una vez transcurridas cinco semanas). La variable *calidad* parece tener cierta correlación con la variable *error de nota falsa*, que, recordemos, registró los errores de los movimientos finales de los dedos, relativos al modo experto de tapado, que afectaron a la degradación de las *fundamentales* y por tanto a la calidad del espectro del sonido (Gérard, 2011).

Podría confirmarse la relación entre estas dos variables visto que el GE1 obtuvo la misma degradación en los resultados significativos, tanto en la variable de *error de nota falsa* ( $P < 0,05$ ) como en la variable *calidad* ( $P < 0,05$ ) en la comparativa entre fases *postest* y *retención* (ver *Tabla 25*). El GE1 es el único grupo que obtuvo significancias negativas en esta variable *calidad*, aunque la pérdida de ésta no coincide con la tendencia recogida en un estudio previo de Granda, et al. (2006), donde los grupos con *restricciones* si obtuvieron beneficio. Sin embargo, cabe señalar que los grupos GE2 y GE3 con *restricciones* parciales no sufrieron deterioro significativo, aunque sí se observa una tendencia a la baja de la *calidad* en ejecuciones de ambos grupos; de 2,77 a 2,5 de media en el GE2 y de 2,75 a 2,71 en el GE3 en las fases *postest* a *retención* respectivamente. También obtuvieron significancias negativas en la variable *error de nota falsa*, reforzando la creencia de que estas tareas con *restricciones* informacionales no generaron el *patrón* rítmico adecuado para evitar el deterioro que se produjo a las cinco semanas en la prueba de *retención*. Sin embargo, los grupos GC y GP tuvieron mejorías en las medias de la variable *calidad* pasando de 2,4 a 2,44 y 2,67 a 2,83 respectivamente entre *postest* y *retención* (aunque no significativas). Además que ni el GC, ni el GP obtuvieron deterioro alguno en la variable *error de nota falsa*, en la *retención*; contrariamente a lo sucedido en los GE1 ( $P < 0,05$ ), GE2 ( $P < 0,01$ ) y GE3 ( $P < 0,05$ ) con significancias negativas. Los datos no hacen sino confirmar la estrecha relación entre ambas variables de *calidad* y *error de nota falsa*, en este caso podría indicar que las *restricciones* informacionales en la tarea no mejoraron la *calidad* en *retención* debido al aumento significativo de los *errores de nota falsa*. Variable que requiere sinergias específicas y en este caso, además, lo suficientemente fuertes para no deteriorarse en el tiempo. Como indicó Torrents Martín (2005), los movimientos de los aprendices no son sólo producto de la acción del SNC, sino también de las propiedades energéticas y biomecánicas del cuerpo, de la influencia del medio y de los objetivos de la tarea; las relaciones entre ellos no serán jerárquicas sino autoorganizadas y no lineales (Thelen et al., 1996). Por lo que la rea-

lización de una tarea nueva por un aprendiz se interpreta como una *transición* y, para que se produzca, se habrá pasado necesariamente por un periodo de *inestabilidad*. La *transición* es una reorganización repentina y cualitativa del sistema. Hay una tendencia del sistema a permanecer en la cuenca de atracción cuando el *parámetro de control* mueve el sistema a través de la región de *transición*. El sistema muestra una pérdida de estabilidad en la región de la *transición*, mostrando *fluctuaciones* críticas e incluso *critical slowing down* antes del cambio. Aunque los nuevos *patrones* que se generaron, en el caso de los grupos con *restricciones*, no consiguieron la sinérgica necesaria para generalizar un tapado final eficaz con los movimientos finales rítmicos de los dedos en la *retención*. Contrariamente, los grupos GC y GP y la no modificación de los *parámetros de control* en el programa de *intervención* mantuvieron el mismo entorno informacional, quizás ello produjo que los *atractores* fueran más estables y fuertes y, por ende, que los movimientos finales producidos en la *retención* tuvieran un mejor comportamiento del *patrón* a las cinco semanas. La habilidad motora es caracterizada por una disminución del control "congelado" o "acoplado" de los *grados de libertad*. En el caso de esta variable, sería posible que el GC y GP hubieran obtenido una mejor liberación de dichos grados de libertad en la incorporación al sistema dinámico controlado con el paso del tiempo (Angulo-Barroso et al., 2011; Vereijken et al., 1992).

### 5.6.2 Intergrupo

A nivel intergrupo no se encuentran diferencias significativas en ninguna de las fases experimentales en esta variable, ni en los grupos con *restricción* ni en los grupos con práctica tradicional.

Si bien, llama la atención que todos los grupos con *restricciones* obtienen tendencias positivas gracias a la consecución de las medias más altas en la variable *calidad*, como se puede observar en los descriptivos del *retest* con el GE2 (3,13) (ver *Tabla 12*); en *transferencia 1* en el GE3 (2,96) (ver *Tabla 14*); en *postest* con el GE1, GE2, GE3 (todos con 2,75) (ver *Tabla 16*); en *transferencia 2* con el GE3 (2,71) (ver *Tabla 18*); en *transferencia 3* con el GE1 (2,79) (ver *Tabla 20*); con la excepción sólo de la *retención*, donde es el GP quién consigue la nota media más alta con (2,79) (ver *Tabla 22*), este último dato encontrado en *retención* continúa el camino del aparatado anterior (5.6.1). No obstante, en general estos datos coinciden con las tendencias ya señaladas en el estudio previo a flauta realizado por Granda et al. (2006), donde la calidad mostró mejora gracias a las *restricciones*.





# 6

## CONCLUSIONES

En los diversos apartados anteriores de la Discusión hemos ido presentando y analizando aquellas aportaciones más significativas e importantes que nos permitieron conocer y comprender más profundamente cómo afectaron las restricciones al desempeño durante el programa motriz.

### 6.1 VERIFICACIÓN Y CONFIRMACIÓN DE LA HIPÓTESIS

Respecto a la **Hipótesis (2.4.2)** cuyo enunciado hacía referencia a:

*"Si restringimos la información auditiva o visual durante el proceso de aprendizaje de una melodía ejecutada con flauta dulce, mejorará el desempeño en la interpretación musical del alumno (menor número de errores y mejor calidad de sonido) respecto a ese mismo proceso sin restricciones".*

Podemos afirmar que la **Hipótesis** se cumple parcialmente, basando la evaluación de la misma en los datos encontrados:

- Los datos señalan lo que se expresaba en la Hipótesis en cuanto a las mejoras significativas reflejadas en la variable dependiente experimental explicitada en los diferentes *tipos de errores*, tanto en RETEST, TRANSFERENCIA 1, TRANSFERENCIA 2, TRANSFERENCIA 3 y RETENCIÓN como se comprueba más adelante en el apartado de **Consecución del Objetivo 1 (6.2.1)**.
- La Hipótesis debe ser rechazada, por cuanto no cumple en lo relativo a la calidad sonora a flauta, debido a que no se han mostrado datos concluyentes significativos, ni en comparación intragrupo ni en intergrupo, como se comprueba más adelante en el apartado de **Consecución del Objetivo 2 (6.2.2)**.

Por estas razones pensamos, que la **Hipótesis** se cumple parcialmente, en tanto que la **Calidad sonora** no ofreció significancias en ninguna de las pruebas, como veremos en su verificación. Aunque sí pudimos encontrar el motivo por el cual los patrones generados bajo **Restricciones** no produjeron significancias en la **Calidad Sonora**, descubriéndose deterioros en las fundamentales de las notas (Osorio et al., 2012) registrados por la variable *calidad*, que en flauta se relaciona con la falta de exactitud del tapado de la yema de los dedos sobre los orificios del cuerpo de la flauta, patrón que, como se apuntó en los apartados de la Discusión (**5.4, 5.4.1, 5.4.2, 5.6, 5.6.1, 5.6.2**), también fue detectado por la variable de *error de nota falsa*, la cual también registró deterioros en los sonidos de las notas, que fueron formados básicamente por sus inmediatos armónicos superiores, aunque con la fundamental degradada o bien sin ella directamente (López, 2013). El control de los grados de libertad juega aquí un papel clave para controlar esa precisión en el tapado, debido a que se requieren sinergias que se relacionan con el grado experto (Vereijken y Bongaardt, 1999; Bernstein, 1967), como ya hemos detallado en la Discusión. No obstante, debemos considerar que, al estar trabajando con aprendices, es previsible que no se haya dado esta característica, ya que es propia del experto de la flauta. Además, es sabido que la *autoorganización* desde la TSD muestra toda su complejidad y que como todo sistema no lineal tiene comportamientos no siempre predecibles.

Coincidiendo nuestro estudio y los resultados con:

- Osorio et al. (2012), en tanto que el timbre es la cualidad que confiere al sonido el contenido de armónicos (y parciales) que acompañan a la frecuencia fundamental, y que, si se produce un deterioro de la fundamental, éste se deteriora y por ende la **Calidad del Sonido** a flauta. Y que ese deterioro severo del timbre a flauta es acrecentado, si cabe, por la razón de que tiene un sonido pobre en armónicos, pero una fundamental muy intensa (Gérard, 2011).
- Las afirmaciones de Bennett et al. (1999), sobre los condicionantes de las **Restricciones** y la ausencia de resultados en la prueba Postest, en tanto que, si los sujetos tenían una experiencia previa a flauta de pico de 4,5 años de media en el momento del comienzo del estudio, estos habrían formado un almacén muy específico interno, de carácter multimodal y sensoriomotriz que facilitó el reconocimiento y la anticipación, salvando así la dificultad de la ejecución de la tarea, tanto en los grupos experimentales como en el de control, no produciendo significancia alguna en esta prueba en concreto.
- Con el modelo HKB de Haken et al. (1985) que identificó el parámetro de orden y el parámetro de control según la relación de fase de los dedos y frecuencia del movimiento respectivamente. Así, como el número de variables colectivas o parámetros de orden del sistema que definió los **Grados de Libertad** (aunque

reducidos tocando flauta), dependiendo todo de los componentes de dicho sistema y sus múltiples posibilidades para ordenarse, además de los condicionantes a los que se sometió (Torrents Martín, 2005) y de las **Restricciones** de la tarea como parámetro de control clave de un programa de intervención (Kelso, 2000; Araújo, 2006).

- Que las **Restricciones** actuaron para presurizar el flujo del sistema dinámico del movimiento alrededor del contexto perceptivo–motor, diferenciándose tres categorías distintas (Newell, 1996): del entorno, del organismo y de **Restricción de la Tarea**; destacando ésta última por ser la utilizada en la presente Tesis, siendo importante por contener la información disponible de los contextos específicos del desempeño que los sujetos pueden utilizar para sus acciones (Araújo, 2006).
- Con Torrents Martín (2005), donde para la **Autoorganización** es necesario un flujo constante de materia y de energía a través del sistema y que éste no esté en equilibrio para que puedan emerger nuevas estructuras. El sistema recibe la energía del exterior pero las inestabilidades y saltos a nuevas formas de organización son el resultado de las **Fluctuaciones** internas.
- Con Court et al. (2002), en relación con el **Atractor en Fase** de los movimientos con el pulso del metrónomo, comprobándose que beneficia a la estabilidad de los patrones debido a que las **Fluctuaciones** son menores.
- Con que los nuevos patrones coordinativos se producen principalmente siguiendo dos rutas distintas en función de la dinámica intrínseca del sujeto y, la otra, en su relación con la **Dinámica de la Tarea** a aprender: una ruta de bifurcación, donde se crea un nuevo patrón de coordinación (como sucedió con Haken et al., 1985; en Torrents Martín, 2005) y una ruta de cambio, donde un patrón preexistente se modifica hacia la tarea requerida (por ejemplo, Kelso y Zanone, 2002). En cualquier caso, se integra la información de muchas fuentes que condicionan el comportamiento, tales como la percepción, las experiencias previas, el movimiento en sí o la intención del sujeto. Pero siempre, en ambos procesos, ya sea con dinámicas biestables o multiestables se producirán en respuesta a una pérdida de estabilidad por la interacción de los condicionantes musculares o informacionales (Milliex et al., 2003).
- Con Amazeen et al. (2001), donde en los sistemas físicos se pueden producir fenómenos de coordinación absoluta, pero no en los sistemas vivos, debido a que el estado de coordinación no se mantiene constantemente, sino que es relativamente estable, es decir, hay una **Sincronización Relativa** que se puede observar por los saltos entre acoplamiento y desacoplamiento, cambios entre radios de frecuencia o incluso la relación de la fase entre los componentes, etc.

- Con Vereijken y Bongardt (1999) y Bernstein (1967), en relación con las etapas hacia una ruta al comportamiento experto. Un aspecto que se considera vital es el control de los **Grados de Libertad** que consiste en oponerse y controlar las fuerzas pasivas (reactivas, de fricción o de inercia resultantes de una tarea motriz) o intentar extinguirlas.

## 6.2 VERIFICACIÓN DE LOS OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

En este apartado se hace una revisión de los OBJETIVOS pretendidos, con mención del grado de consecución alcanzado.

### 6.2.1 Consecución del Objetivo 1

Respecto al **Objetivo 1 (2.4.3.1)** que pretendía: *Determinar si la presencia o ausencia de Restricciones disminuye el número de los errores en las melodías para flauta propuestas.*

Vamos a realizar una revisión que nos ayude a confirmar este objetivo, señalando las significancias encontradas en comparaciones intergrupo e intragrupo:

#### COMPARACIÓN INTERGRUPOS

- El GE1 a nivel intergrupo muestra tendencias positivas, aunque no significantes todavía, mostrando la media más baja de errores en la variable de *error de nota* en RETEST (7,18) (ver *Tabla 12*) y en TRANSFERENCIA 1 (10,54) (ver *Tabla 14*).
- Las *restricciones totales* auditivas aplicadas al GE1 no sólo mostraron la media más baja de errores en la variable *error de sincronización* con respecto al resto de grupos (28,75), sino que además se produjo una mejora significativa con respecto al GC – GE1 ( $F = 7,370, P < 0,05$ ) en la prueba de TRANSFERENCIA 3 en la comparación intergrupos (ver *Tabla 20*).
- En la prueba RETENCIÓN también se obtienen significancias positivas en la variable *error de sincronización* en prueba POST-HOC, GC – GE1 ( $F = 6,739, P < 0,05$ ), GC – GP ( $F = 9,117, P < 0,05$ ), tanto con práctica continua (GP) como con restricción total (GE1) (ver *Tabla 23*).
- La *restricción parcial* auditiva del GE3 en RETEST muestra significancias negativas en la variable *error de pulso en blanco* en la comparación intergrupos GE3 – GC ( $F = 2,817, P < 0,01$ ), GE3 – GE1 ( $F = 2,597, P < 0,01$ ), GE3 – GE2 ( $F = 2,631, P < 0,05$ ) y GE3 – GP ( $F = 2,187, P < 0,05$ ) (ver *Tabla 13*).

- e) Las *restricciones parciales* del GE3 en TRANSFERENCIA 1 vuelven a mostrar resultados significativamente negativos en la variable *error de pulso en blanco* con respecto al resto de grupos (a excepción del GP) GE3 – GC ( $F = 3,742, P < 0,01$ ), GE3 – GE1 ( $F = 3,923, P < 0,01$ ) y GE3 – GE2 ( $F = 2,976, P < 0,05$ ), en la comparación intergrupos (ver *Tabla 15*).
- f) Las *restricciones parciales visuales* (GE2) en RETEST muestran diferencias significativas positivas en la variable *error de nota falsa* en el GC – GE2 ( $F = 6,060, P < 0,05$ ). Donde el GC (con práctica tradicional) obtiene la media de errores más alta (17,54) y el GE2 (11,48) (ver *Tabla 12*) la más baja de entre todos los grupos.
- g) La práctica continua se deteriora significativamente en RETEST en la variable *duración* del GC – GE1 ( $F = 8,824, P < 0,05$ ), GC – GE2 ( $F = 8,929, P < 0,05$ ), GC – GP ( $F = 9,563, P < 0,05$ ) con respecto a casi todos los grupos, a excepción del GE3 con *restricción parcial auditiva* (ver *Tabla 12*). El GE3 confirma el mal comportamiento en esta variable, con el deterioro significativo en la misma variable (*duración*) en la TRANSFERENCIA 2, GE3 – GE1 ( $F = 6,075, P < 0,05$ ), sin embargo el GE1 es el único grupo que muestra aquí significancia positiva (ver *Tabla 18*).

**El GE1**, como se comprueba en el subapartado a), empezó a mostrar tendencias muy positivas ofreciendo las medias más bajas de errores en el RETEST y TRANSFERENCIA 1, en una variable tan importante en música como es el *error de nota*. En el subapartado b) el GE1 confirma su buen comportamiento en la TRANSFERENCIA 3 con significancias positivas en el *error de sincronización* y en el subapartado c), en esta misma variable también obtiene significancias positivas en la RETENCIÓN. En la variable *error de pulsos en blanco* obtiene significancias positivas tanto en RETEST como en TRANSFERENCIA 1, ver subapartados d) y e) respectivamente. En la variable *duración* obtiene significancias positivas en la TRANSFERENCIA 2, ver subapartado g).

**El GE2**, como se puede comprobar en el subapartado f), es el único grupo con restricciones (en este caso visuales parciales) que obtuvo significancias positivas en la variable *error de nota falsa* (variable relacionada con el grado de experto) en RETEST. En el apartado g) también obtuvo significancias positivas en la variable *duración* del RETEST. En el apartado d) y e) obtiene significancias positivas en la variable *error de pulso en blanco*, tanto en RETEST como en TRANSFERENCIA 1 respectivamente.

**El GE3**, como se puede observar en los subapartados d) y e), muestra significancias negativas en la variable *error de pulso en blanco* tanto en RETEST y TRANSFERENCIA 1, además de en subapartado g) en la TRANSFERENCIA 2 con la variable *duración*.

En el resumen, a nivel intergrupo, las restricciones auditivas totales (GE1) y visuales parciales (GE2) mostraron significancias positivas en la mayoría de variables dependientes concretadas por los tipos de errores en comparación de intergrupos, tanto en RETEST, TRANSFERENCIA 1, TRANSFERENCIA 2, TRANSFERENCIA 3 y RETENCIÓN, se puede afirmar, por tanto, que se cumple esta parte del **Objetivo 1**.

### COMPARACIÓN INTRAGRUPOS

- h) Las *restricciones totales* auditivas aplicadas al GE1 muestran el buen comportamiento en la variable *error de nota*, ya señalado también a nivel intragrupo entre POSTEST–RETENCIÓN, donde el GE1 no mostró deterioro alguno, a diferencia del resto de grupos GC ( $P < 0,05$ ) (ver *Tabla 24*), GE2 ( $P < 0,01$ ) (ver *Tabla 26*), GE3 ( $P < 0,01$ ) (ver *Tabla 27*) y en GP ( $P < 0,01$ ) (ver *Tabla 28*).
- i) La *restricción parcial* auditiva del GE3 ( $P < 0,05$ ) obtiene los únicos resultados significativos positivos en la prueba entre POSTEST–RETENCIÓN, no encontrándose en el resto de grupos mejora alguna en la variable *error de sincronización* a nivel intragrupo (ver *Tabla 27*).
- j) La *restricción parcial* auditiva del GE3 sigue mostrando su mal comportamiento en la variable *error de pulso en blanco* ( $P < 0,05$ ) (ver *Tabla 27*) a nivel intragrupo entre POSTEST–RETENCIÓN.
- k) Todos los grupos con restricciones muestran deterioros significativos en la variable de *error de nota falsa*, en la comparación intragrupo entre POSTEST–RETENCIÓN, GE1 ( $P < 0,05$ ) (ver *Tabla 25*), GE2 ( $P < 0,01$ ) (ver *Tabla 26*), GE3 ( $P < 0,05$ ) (ver *Tabla 27*). Lo que indican estas evidencias es que los *patrones* rítmicos que requieren de una profundización o precisión que se relaciona con el grado experto se deterioran en el tiempo más rápidamente.
- l) En la comparación intragrupo, también se degradó significativamente la variable *duración* entre POSTEST–RETENCIÓN en el GC ( $P < 0,01$ ) y GE1 ( $P < 0,05$ ) (ver *Tabla 24* y *Tabla 25* respectivamente).

El **GE1**, como se puede comprobar en el subapartado h), vuelve a mostrar los mejores resultados también a nivel intragrupo en una de las variables importantes en música como es el *error de nota*, siendo el único que no se deteriora en RETENCIÓN. Sin embargo, se degradó en la variable *duración* como se puede observar en subapartado l).

El **GE2**, como se observa en los subapartados h) y k), también padece un deterioro significativo en las variables *error de nota* y *error de nota falsa* respectivamente en la RETENCIÓN.

El **GE3**, como se muestra en el subapartado i), es el único grupo que consigue significancia positiva en la variable *error de sincronización* en el análisis intragrupo. Por otro lado, se deterioró significativamente en las variables *error de nota*, *error de pulso en blanco* y *error de nota falsa* reflejado en subapartados h), j) y k) respectivamente.

En el resumen de la comparación intragrupo entre POSTEST-RETENCIÓN, las **Restricciones** mejoraron significativamente las variables dependientes del *error de nota* y del *error de sincronización*, empeorando sin embargo en las variables de *error de nota falsa* y de *error de nota en blanco* en el **Objetivo 1**.

A la vista de estas pesquisas a nivel general en intergrupo e intragrupo, podemos confirmar que se alcanzó el **OBJETIVO 1**, en tanto que el programa de intervención con Restricciones obtuvo significancias positivas en la mayoría de las pruebas propuestas de RETEST, TRANSFERENCIA 1, TRANSFERENCIA 2, TRANSFERENCIA 3 y RETENCIÓN, destacando el buen comportamiento del **GE1**.

## 6.2.2 Consecución del Objetivo 2

Respecto al **Objetivo 2** (2.4.3.2) que pretendía: *Determinar qué tipo de Restricciones mejoran la calidad del sonido de la flauta durante las diferentes melodías propuestas*.

Vamos a realizar una revisión que nos ayude a buscar la explicación de por qué no se confirma este **Objetivo**, en función de las significancias encontradas en comparaciones intergrupo e intragrupo:

### COMPARACIÓN INTERGRUPOS

No se encuentran resultados significativos en ningún grupo. Si bien, cabría señalar que los grupos con **Restricciones** obtienen tendencias positivas gracias a la consecución de las medias más altas de las puntuaciones en la variable **Calidad**, en RETEST con el **GE2** (3,13) (ver *Tabla 12*); en TRANSFERENCIA 1 en el **GE3** (2,96) (ver *Tabla 14*); en POSTEST con el **GE1**, **GE2** y **GE3** (todos con 2,75) (ver *Tabla 16*); en TRANSFERENCIA

2 con el **GE3** (2,71) (ver *Tabla 18*); en TRANSFERENCIA 3 con el **GE1** (2,79) (ver *Tabla 20*), con la excepción de la RETENCIÓN, donde es el **GP** quién consigue la nota media más alta con (2,79) (ver *Tabla 22*).

### COMPARACIÓN INTRAGRUPOS

A nivel intragrupo también entre el POSTEST–RETENCIÓN del GE1, en la variable *calidad* ( $P < 0,05$ ) (ver *Tabla 25*) se encuentra un deterioro significativo, no se encuentran diferencias significativas en el resto de los grupos del estudio.

A la vista de estas pesquisas, podemos confirmar que no se alcanzó el **OBJETIVO 2** y, por tanto, asegurar, que el programa de intervención, aunque en todos los grupos con restricciones se produjeron tendencias positivas en los descriptivos de intergrupos de RETEST, TRANSFERENCIA 1, POSTEST, TRANSFERENCIA 2 y TRANSFERENCIA 3 finalmente no conllevó a significancias positivas en la variable Calidad del Sonido a flauta.

### 6.2.3 Consecución del Objetivo 3

Respecto al **Objetivo 3 (2.4.3.3)** que pretendía: *Evaluar qué factores de la técnica pueden resultar más efectivos en el aprendizaje instrumental de la flauta dulce, en alumnos de educación secundaria obligatoria, a partir de los presupuestos dados desde la TSD del aprendizaje motor.*

Habida cuenta de la significancias positivas encontradas en la mayoría de las pruebas realizadas con los grupos bajo **Restricciones** tanto en RETEST, TRANSFERENCIA 1, TRANSFERENCIA 2, TRANSFERENCIA 3 y RETENCIÓN en los apartados (**5, 5.1 5.2, 5.3, 5.4, 5.5, 5.6**), podemos señalar algunos de los principales factores a tener en cuenta para trabajar en el aprendizaje de tareas motoras musicales desde la TSD:

- La percepción métrica en música es un estímulo que provoca la formación de un *patrón* en el sistema dinámico; el sistema sufre una bifurcación que corresponde al nacimiento de una oscilación automantenida que persiste incluso si temporalmente desaparece la pulsación (como sucede en muchas piezas musicales) (Large, 2000).
- La autoorganización y sus consecuentes patrones emergentes durante cualquier tarea musical que se proponga estarán caracterizados por las variables colectivas del sistema, denominadas en física como los parámetros de orden (Kelso, 2000), así como la relación de la fase de los dedos o miembros que procedan.



- Que los condicionantes previos sobre el sujeto, experiencia, formación de su almacén específico interno de carácter multimodal y sensoriomotriz facilitarán el reconocimiento y la anticipación ante las nuevas tareas (Bennett et al., 1999).
- En la TSD, las variables que controlan las *sinergias* se llaman *parámetros de control* (Schöner et al., 1992) y su identificación en cualquier caso dependerá de una experimentación cuidadosa (Vereijken y Bongardt, 1999); por ejemplo, pudiendo ser la **Restricción** controlada de la tarea, del entorno o del organismo (Araújo, 2006), además de la frecuencia del movimiento como se apuntó en el modelo HKB (Haken et al., 1985), entre otras que se puedan considerar.
- Que el *parámetro de orden* puede actuar como atractor en fase en las tareas motrices musicales con respecto a un foco externo como el metrónomo, siendo útil para conseguir un patrón de regularidad durante la adquisición.
- Que dichas *variables colectivas* o *parámetros de orden* del sistema definen los *grados de libertad* de éste, y estos en un principio son normalmente constreñidos por el aprendiz para poder ser controlarlos, aunque, a medida que la exploración y el aprendizaje avancen en el tiempo, estos se irán liberando y si somos capaces de cambiar el ambiente, obligaríamos a formar nuevas organizaciones temporales de los grados de libertad (Vereijken y Bongardt, 1999).
- Que un atractor en fase de los movimientos beneficia a la regularidad del movimiento y reduce las fluctuaciones antes del cambio de *patrón* (Court, et al., 2002).
- Cuando se trabaje con un *patrón* antifase, éste es menos estable, ya que se aplican fuerzas de menor magnitud y es más variable en cuanto a la frecuencia y la magnitud que un *patrón* en fase (Carson, 1995).
- Que para beneficiar la coordinación en música de patrones entre miembros es sabido que en la dinámica se presentan tres aspectos clave: todos los pares de miembros (dos manos, dos piernas, dos brazos...) producen patrones estables en modo en fase y en modo antifase. Y el acoplamiento entre los miembros homólogos (pierna y brazo derecho o pierna y brazo izquierdo) es más fuerte que entre lo no homólogos ya que hay simetría entre el lado derecho e izquierdo (Kelso, 1999; Torrents Martín, 2005).
- Que en ocasiones, las *transiciones* ocurren si con el nuevo *patrón* los objetivos de la tarea pueden ser satisfechos con unos costes informacionales más bajos (Wimmers et al., 1992).
- Que la frecuencia de resonancia sostiene que cualquier movimiento rítmico parece que resulta más sencillo para el sistema nervioso central cuando se

ejecuta dentro del rango de dicha frecuencia, pudiendo ser medible con los PPM, consumiendo menos energía, realizando el movimiento de forma más estable, reproducible y con trayectorias más predecibles (Goodman, Riley, Mitra y Turvey, 2000).

- Que se deberá tener en cuenta que la sincronización será relativa y nunca absoluta debido al comportamiento de los sistemas vivos, donde el estado de coordinación no se mantiene constantemente, es relativamente estable, además se puede observar por los saltos entre acoplamiento y desacoplamiento o por los cambios entre radios de frecuencia, la relación de fase entre los componentes etc. (Amazeen et al., 2001).
- Que el *foco externo* bajo *restricciones* auditivas es un potente canalizador para la sincronización en música en las pruebas de transferencia, habida cuenta de los buenos resultados encontrados resultantes del diseño de la tarea. Que con otros diseños donde el *arrastre* del *foco externo* sea de otra naturaleza, como por ejemplo la visual o la háptica, cambiará el orden de la *autoorganización* de los *arrastrés*, fenómenos estos y otros que hemos explicado en nuestra *hipótesis de los arrastres múltiples* en el Apartado (5.2.2).

**A la vista de estas pesquisas, podemos confirmar que se alcanzó el OBJETIVO 3, en tanto que se han podido aportar las principales líneas de actuación para tener en cuenta los distintos factores que operan en cualquier práctica motriz musical que se plantee desde el enfoque de la TSD.**

### 6.3 PERSPECTIVAS DE FUTURO

---

Además de los objetivos descritos, esta Tesis también pretende ayudar a difundir los conocimientos surgidos desde la aparición de la TSD en la investigación sobre el comportamiento motor y animar a otros investigadores relacionados con el ámbito musical a que se interesen por esta perspectiva. La relativa novedad de este campo provoca que cada estudio que se lleva a cabo plantee infinidad de nuevas preguntas y cuestiones aún sin resolver.

No obstante, las conclusiones que hemos obtenido, tanto de la parte empírica como de la parte teórica, nos sugieren muchas otras líneas de investigación relacionadas con el ámbito musical. A continuación se muestran algunos ejemplos:

- Buscar nuevas formas de facilitar el aprendizaje o entrenamiento de tareas musicales mediante condicionantes del entorno. Debido a que hay muy pocos

estudios en esta dirección, consideramos que se podría aplicar a cualquier aprendizaje instrumental, pudiendo sugerir infinidad de nuevos métodos de práctica.

- Analizar las otras posibilidades de apremios al combinar el entrenamiento tradicional con restricciones de la tarea, entorno u organismo para el aumento del rendimiento musical en función del estado del sujeto.
- Estudiar las posibilidades que ofrece el análisis de las fluctuaciones en las transiciones durante la ejecución de tareas musicales. Valorar la aparición de estas fluctuaciones antes del cambio de patrón en dichas transiciones, en función del parámetro de control utilizado en la intervención y teniendo en cuenta el estado del aprendizaje de la tarea o acción de estudio, la fatiga o estrés del sujeto, la dificultad de la tarea, etc.
- Profundizar en el estudio de los arrastres potenciando la señal del foco externo, en combinación con otra señal, sabiendo los efectos que la integración multi-sensorial nos ofrece.
- Analizar cómo el aprendizaje diferencial puede afectar a una tarea musical, sabiendo que apenas hay aportes al respecto.
- Buscar nuevos métodos de valoración que respeten la globalidad y no-linealidad del organismo humano y que puedan servir para evaluar el aprendizaje de nuevas tareas y su estabilidad.

La reciente inmersión de la TSD en las ciencias de la actividad musical, se presenta como una invitación al cambio, hacia el progreso. Todas las conclusiones que se han obtenido nos sugieren propuestas prácticas ecológicas y holísticas, que respetan al individuo y a su entorno, plenamente acorde con las tendencias innovadoras que se pretenden plasmar con la investigación actual relacionada con el ser humano.



---

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adams, J.A. (1968). Response feedback and learning. *Psychological Bulletin*, 70, 486–504.
- Adams, J.A. (1971). A closed loop theory of motor learning. *Journal of Motor Behavior*, 3(2), 111–149.
- Al-Abood, S.A., Bennett, S. J., Hernandez, F. M., Ashford, D., y Davids, K. (2002). Effects of verbal instructions and image size on visual search strategies in basketball free throw shooting. *Journal of Sports Sciences*, 20, 271–278.
- Amazeen, P.G., Amazeen, E.L., y Beek, P.J. (2001). Coupling of breathing and movement during manual wheelchair propulsion. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 27(5), 1243–1259.
- Angulo-Barroso, R., Faciabén, A.B., y Mauerberg-Decastro, E. (2011). El ángulo de fase y la fase relativa continua para la investigación de la coordinación motora / Phase Angles and Continuous Relative Phase for Research into Motor Coordination. *Apunts. Educació física i esports*, (103), 38.
- Alcázar, A.J. (1995). *Proyecto Docente. Didáctica de la Expresión Musical*. Cuenca: Edición propia.
- Araújo, D. (2006). *Tomada de decisao no desporto*. Lisboa: FMH Edições.
- Araújo, D., Davids, K., Bennett, S.J., Button, C., y Chapman, G. (2004). Emergence of sport skills under constraint. En A.M. Williams y N.J. Hodges (Eds.), *Skill Acquisition in Sport: Research, Theory and Practice* (pp. 409–433). London: Routledge, Taylor y Francis.
- Araújo, D., Davids, K.W., y Hristovski, R. (2006). The ecological dynamics of decision making in sport. *Psychology of Sport and Exercise*, 7(6), 653–676.

- Arutyunyan, G.H., Gurfinkel, V.S., y Mirskii, M.L. (1968). Investigation of aiming at a target. *Biophysics*, 13, 536–538.
- Arutyunyan, G.H., Gurfinkel, V.S., y Mirskii, M.L. (1969) Organization of movements on execution by man of an exact postural task. *Biophysics*, 14, 1162–1167.
- Athènes, S., Sallagoïty, I., Zanone, P., y Albaret, J. (2004). Evaluating the coordination dynamics of handwriting. *Human Movement Science*, 23, 621–641.
- Bach-y-Rita, P., Collins, C.C., Saunders, F.A., White, B., y Scadden, L. (1969). Vision substitution by tactile image projection. *Nature*, 221(5184), 963–964. <http://dx.doi.org/10.1038/221963a0>
- Banton, L.J. (1995). The role of visual and auditory feedback during the sight-reading of music. *Psychology of Music*, 23, 3–16.
- Balasubramaniam, R. (2006). Trajectory formation in timed repetitive movements. En *Motor control and learning* (pp. 47-54). Springer: US.
- Balasubramaniam, R., Wing, A.M., y Daffertshofer, A. (2004). Keeping with the beat: movement trajectories contribute to movement timing. *Experimental Brain Research*, 159(1), 129–134.
- Baldissera, F., Cavallari, P., y Civashi, P. (1982). Preferential coupling between voluntary movements of ipsilateral limbs. *Neuroscience Letters*, 34, 95–100.
- Baldissera, F., Cavallari, P., Maarini, G., y Tassone, G. (1991). Differential control of in-phase and anti-phase coupling of rhythmic movements of ipsilateral hand and foot. *Experimental Brain Research*, 83, 375–380.
- Bastian, H.C. (1883). *The brain as an organ of the mind*. New York: Appleton.
- Batalla Flores, A. (2005). *Retroalimentación y aprendizaje motor: influencia de las acciones realizadas de forma previa a la recepción del conocimiento de los resultados en el aprendizaje y la retención de habilidades motrices*. Tesis de Doctorado en Pedagogía, Universidad de Barcelona, Barcelona, España. Recuperado de <http://dialnet.unirioja.es>
- Bauer, H.U., y Schöllhorn, W. (1997). Self-organizing maps for the analysis of complex movement patterns. *Neural Processing Letter*, 5(3), 193–199. doi:10.1023/A:1009646811510
- Baumann, S., Koeneke, S., Meyer, M., Lutz, K., y Jäncke, L. (2005). A Network for Sensory-Motor Integration. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1060, 186–188. Doi: 10.1196/annals.1360.038

- Bavelier, D., y Neville, H.J. (2002). Cross-modal plasticity: where and how? *Nature Reviews Neuroscience*, 3, 443–52.
- Beek, P.J., Peper, C.E., y Stegman, D.F., (1995). Dynamical models of movement coordination, *Human Movement Science*, 14, 573–608.
- Beer, R. (2000). Dynamical approaches to cognitive science. *Trends in Cognitive Sciences*, 4(3), 91–99.
- Belin, P., y Zatorre, R.J. (2000). 'What', 'where' and 'how' in auditory cortex. *Nature Neuroscience*, 3, 965–66.
- Bengtsson, S.L., Ullén, F., Ehrsson, H.H., Hashimoto, T., Kito, T., Naito, E., . . . Sadato, N. (2009). Listening to rhythms activates motor and premotor cortices. *Cortex*, 45, 62–71. Doi: 10.1016/j.cortex.2008.07.002
- Bennett, S.J., Button, C., Kingsbury, D., y Davids, K. (1999). Manipulating Visual Informational Constraints During Practice Enhances the Acquisition of Catching Skill in Children. *Research Quarterly in Exercise and Sport*, 70, 220–232.
- Bernstein, N.A., (1967). *The coordination and regulation of movement*. Oxford: Pergamon Press.
- Bertalanffy, L., (1968). *Teoría general de Sistemas*. Nueva York: Fondo de Cultura Económica.
- Bingham, G.P., y Pagano, C.C. (1998). The necessity of a perception-action approach to definite distance perception: Monocular distance perception to guide reaching. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 24, 145–68.
- Bilodeau, I.M. (1966). Information feedback. En E.A., Bilodeau (Ed.), *Acquisition of skill*. New York: Academic Press.
- Bretèque, Amy de la B. (1999). Le travail du souffle chez les instrumentistes à vent. *Medecine des Arts*, 29, 6.
- Brochier, T., Habib, M., y Brouchon, M. (1994). Covert processing of information in hemianesthesia: A case report. *Cortex*, 30, 135–44.
- Boeke, K. (1995). La flauta de pico, hoy. *Revista de Flauta de Pico*, 3, 15–17.
- Bolognini, N., Frassinetti, F., Serino, A., y Ladavas, E. (2005). "Acoustical vision" of below threshold stimuli: Interaction among spatially converging audiovisual inputs. *Experimental Brain Research*, 160(3), 273–282.

- Bonino, D., Ricciardi, E., Sani, L., Gentili, C., Vanello, N., Guazzelli, M., . . . Pietrini, P. (2008). Tactile spatial working memory activates the dorsal extrastriate cortical pathway in congenitally blind individuals. *Archives Italiennes de Biologie*, 146, 133–146. Doi: 10.3389/fnsys.2010.00159
- Bueno, G. (1997). *El mito de la cultura: ensayo de una filosofía materialista de la cultura*. Prensa Ibérica.
- Buhusi, C. y Meck, W. (2005). What makes us tick? Functional and neural mechanisms of interval timing. *Nature Reviews Neuroscience*, 6, 755–765.
- Burton, A.W. (1987). Confronting the interaction between perception and movement in adapted physical education. *Adapted Physical Activity Quarterly*, 4, 257–267.
- Button, C., Davids, K., y Schöllhorn, W. (2006). Coordination profiling of movement systems. En K. Davids, S. Bennett y K. Newell (Eds.), *Movement System Variability* (pp. 133–152). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Cádiz, R. (2008). *El timbre*. Recuperado de <http://www.rodrigocadiz.com/imc/html/Timbre.html>
- Calvin, S., y Temprado, J.J. (2003). Coalition of informational and neuromuscular constraints in a synchronization task. Schöllhorn, W.I., Bohn, C., Jäger, J.M., Schaper, H., y Alichmann, M. *European Workshop on Movement Science. Mechanics, Physiology, Psychology*. Köln: Sport Buch Strauss.
- Carlini, A., y French, R. (2014). Visual tracking combined with handtracking improves time perception of moving stimuli. *Sci. Rep.*, 4, 5363. <http://dx.doi.org/10.1038/srep05363>.
- Carson, R.G. (1995). The dynamics of isometric bimanual coordination. *Experimental Brain Research*, 105, 465–476.
- Carson, R.G., Byblow, W.D., Abernethy, B., y Summers, J.J. (1996). The contribution of inherent and incidental constraints to intentional switching between patterns of bimanual coordination. *Human Movement Science*, 15, 565–589.
- Capra, F. (1996). *La trama de la vida*. Barcelona: Anagrama.
- Cateura, M. (1989). *Flauta Muy Fácil*. Barcelona: Editorial Ibis S.A.
- Cattaneo, Z., Vecchi, T., Cornoldi, C., Mammarella, I., Bonino, D., Ricciardi, E., y Pietrini, P. (2008). Imagery and spatial processes in blindness and visual impairment. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 32, 1346–1360. Doi: 10.1016/j.neubiorev.2008.05.002



- Cauraugh, J.H., Lidor, R., y Glyon, P. (1990). Verbal knowledge of results: redundant information in receptor anticipation tasks?. *Journal of Human Movement Studies*, 18, 269–277.
- Ceux, T., Montagne, G., y Buekers, M.J. (2010). The integration of tempo-rally shifted visual feedback in a synchronization task: The role of perceptual stability in a visuo-proprioceptive conflict situation. *Human Movement Science*, 29, 893–909.
- Chan, C.C.H., Wong, A.W.K., Ting, K., Whitfield-Gabrieli, S., He, J., y Lee, T.M.C. (2011). Cross auditory-spatial learning in early-blind individuals. *Human Brain Mapping*. Doi: 10.1002/hbm.21395
- Chang, H.K. (1989). Flow dynamics in the respiratory tract. *Lung biology in health and disease*, 40, 57–138.
- Chapin, H.L., Zanto, T., Jantzen, K.J., Kelso, S.J.A., Steinberg, F., y Large, E.W. (2010). Neural responses to complex auditory rhythms: The role of attending. *Frontiers in Psychology*, 1, 224. Doi: 10.3389/fpsyg.2010.00224
- Chen, L.M., Friedman, R.M., y Roe, A.W. (2003). Optical imaging of a tactile illusion in area 3b of the primary somatosensory cortex. *Science*, 302, 881–85.
- Chen, J.L., Penhune, V.B., y Zatorre, R.J. (2008). Listening to musical rhythms recruits motor regions of the brain. *Cerebral Cortex*, 18, 2844–2854. Doi: 10.1093/cercor/bhn042
- Chen, J.L., Penhune, V.B., y Zatorre, R.J. (2009). The role of auditory and premotor cortex in sensorimotor transformations. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1169, 15–34. Doi: 10.1111/j.1749-6632.2009.04556.x
- Cheng, S., y Sabes, P.N. (2006). Modeling sensorimotor learning with linear dynamical systems. *Neural Comput*, 18(4), 760–793. <http://dx.doi.org/10.1162/089976606775774651>
- Clemente, F., Couceiro, M.S., Martins F., Dias, G., y Mendes, R. (2012). “The influence of task constraints on attacker trajectories during 1v1 sub-phase in soccer practice”. *SportLogia*, 8(1), 13–20.
- Craik, K.J. (1948). The theory of the human operator in control systems: II man as an element in a control system. *British Journal of Psychology*, 38, 142–148.
- Cohen, L.G., Celnik, P., Pascual-Leone, A., et al. (1997). Functional relevance of cross-modal plasticity in blind humans. *Nature*, 389, 180–82.
- Cohen, H., Voss, P., Lepore, F., y Scherzer, P. (2010). The nature of working memory for Braille. *PLoS One*, 5, 1–6. Doi: 10.1371/journal.pone.0010833

- Colavita, F.B. (1974). Human sensory dominance. *Perception & Psychophysics*, 16, 409–412.
- Cole, J. (1995). *Pride and a daily marathon*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Collignon, O., Vandewalle, G., Voss, P., Albouy, G., Charbonneau, G., Lassonde, M., y Lepore, F. (2011). Functional specialization for auditory-spatial processing in the occipital cortex of congenitally blind humans. *Proceedings of the National Academy of Sciences, USA*, 108, 4435–4440. Doi: 10.1073/pnas.10 13928108
- Collignon, O., Voss, P., Lassonde, M., y Lepore, F. (2009). Cross-modal plasticity for the spatial processing of sounds in visually deprived subjects. *Experimental Brain Research*, 192, 343–58.
- Coltman, J.W. (1971). Effect of material on flute tone quality. *Journal of the Acoustical Society of America*, 49(2), 520–523.
- Coltman, J.W. (1973). Material used in flute construction. *Woodwind World*, 12(1), 20–21.
- Corna, S., Tarantola, J., Nardone, A., Giordano, A., y Schieppati, M. (1999). Standing of a continuously moving platform: Is body inertia counteracted or exploited? *Experimental Brain Research*, 124, 331–341.
- Corneloup, M. (1969). *L'orquestra i els seus instruments*. Barcelona: Sucesores de J. Gili.
- Corneloup, M. (1972). *Prélude pour eux. Les flûtes. Flûtes traversières, flûtes à bec*. Tours: Éditions van de Velde.
- Cosmides, L. (1989). The logic of social exchange. Has natural selection shaped how humans reason? Studies with the Wason selection task. *Cognition*, 31(3), 187–276.
- Couchman, J.J., Beasley, R., y Pfordresher, P.Q. (2012). The experience of agency in sequence production with altered auditory feedback. *Consciousness and Cognition*, 21, 186–203. Doi: 10.1016/j.concog.2011.10.007
- Court, M.L.J., Bennett, S.J., Williams, A.M., y Davids, K. (2002). Local stability in coordinated rhythmic movements: fluctuations and relaxation times. *Human Movement Science*, 21, 39–60.
- Culham, J.C., Danckert, S.L., DeSouza, J.F., Gati, J.S., Menon, R.S., y Goodale, M.A. (2003). Visually guided grasping produces fMRI activation in dorsal but not ventral stream brain areas. *Experimental Brain Research*, 153(2), 180–89.
- Davids, K., Savelsbergh, G.J.P., Bennet, S.J., y Van der Kamp, J. (2002). *Interceptive actions in sport: information and movement*. London: Routledge, Taylor & Francis.

- Dessy, R., y Dessy, L. (1998). Hear there everywhere. The psychoacoustics of the recorder. *American Recorder*, 39(1), 8–14.
- Del Rey, P., y Liu, X. (1990). The impact of knowledge of results with varying amounts of practice. *Journal of Human Movement Studies*, 18, 179–286.
- Delignières, D. (1998). Apprentissage moteur: Quelques idées neuves. *Revue education physique et sport*, 274, 61–66.
- Desimone, R., y Duncan, J. (1995). Neural mechanisms of selective visual attention. *Annual Review of Neuroscience*, 18, 193–222.
- Diehl, M.J., y Seibel, R. (1962). The relative importance of visual and auditory feedback in speed typing. *Journal of Applied Psychology*, 5, 365–369.
- Dijkerman, H.C., y de Haan, E.H. (2007). Somatosensory processing subserving perception and action: Dissociations, interactions, and integration. *Behavioral and Brain Sciences*, 30(2), 224–230.
- Donnadieu, S. (2007). *Mental Representation of the Timbre of Complex Sounds*. New York: Springer.
- Drewing, K. (2013). Delayed auditory feedback in repetitive tapping: A role for the sensory goal. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 66, 51–68. Doi: 10.1080/17470218.2012.694454
- Drewing, K., Hennings, M., y Aschersleben, G. (2002). The contribution of tactile refference to temporal regularity during bimanual finger tapping. *Psychological Research*, 66, 60–70.
- Driver, J., y Spence, C. (2000). Multisensory perception: Beyond modularity and convergence. *Current Biology*, 10(20), 731–735.
- Duffé Montalván, A.L. (1970). *Prólogo del libro Las Condiciones del Aprendizaje de Gagné* (pp. 6–11). Madrid: Aguilar. Recuperado el 6 de Diciembre de 2013 de <http://alamano.wikispaces.com/file/view/Teoria-del-procesamiento-del-aInformacion.pdf>
- Duerksen, G.L. (1972). *Teaching instrumental music*. Washington, D.C: Music Educators National Conference.
- Duncan, J. (1996). Cooperating brain systems in selective perception and action. En Inui, T. y McClelland, J.L. (Eds.), *Attention and performance XVI: Information integration in perception and communication* (pp. 549–578). Cambridge: MIT Press.
- Ebhardt, K. (1898). Zwei BeitrSge zur Psychologie des Rhythmus und des Tempo. *Zeitschrift fnr Psychologie und Physiologie der Sinnesorgane*, 18, 99–154.

- Eccles, J., y Wigfield, A. (1985). Teacher expectations and student motivation. En J.B. Dusek (Ed.), *Teacher expectancies* (pp. 185–226). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Eimer, M. (2004). Multisensory integration: How visual experience shapes spatial perception. *Current Biology*, *14*, 115–117. Doi: 10.1002/hbm.20560
- Eimer, M., van Velzen, J., y Driver, J. (2002). Cross-modal interactions between audition, touch, and vision in endogenous spatial attention: ERP evidence on preparatory states and sensory modulations. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *14*, 254–71.
- Elliott, D., Zuberec, S., y Milgram, P. (1994). The effects of periodic visual occlusion on ball catching. *Journal of Motor Behavior*, *2*, 113–122.
- Elliott, M.T., Chua, W.L., y Wing, A.M. (2016). Modelling single-person and multi-person event-based synchronisation. *Current Opinion in Behavioral Sciences*, *8*, 167-174.
- Engel, K.C., Anderson, J.H., y Soechting, J.F. (2000). Similarity in the response of smooth pursuit and manual tracking to a change in the direction of target motion. *Journal of Neurophysiology*, *84*(3), 1149–1156.
- Ernst, M.O., y Bühlhoff, H.H. (2004). Merging the senses into a robust percept. *Trends in Cognitive Sciences*, *8*, 162–169. Doi: 10.1016/j.tics.2004.02.002
- Espona, I. (2004). *Estudi de la motricitat fina en el procés d'aprenentatge de la flauta de bec*. Tesis Doctoral Inédita, Universidad de Barcelona, Barcelona, España.
- Falciati, L., Giancesini, T., y Maioli, C. (2013). Covert oculo-manual coupling induced by visually guided saccades. *Frontiers in Human Neuroscience*, *7*.
- Feldman, A.G., y Latash, M.L. (1982). Interaction of afferent and efferent signals underlying joint position sense: Empirical and theoretical approaches. *Journal of Motor Behavior*, *14*, 174–93.
- Feldman, A.G., y Lestienne, F.G. (2001). With either separate or integrated arrays of senses, perception may not be direct. *Behavioral and Brain Sciences*, *24*(2), 220–221. Recuperado de <http://search.proquest.com/docview/212308468?accountid=14542>
- Feldman, A.G., y Levin, M.F. (1995). The origin and use of positional frames of reference in motor control. *Behavioral and Brain Sciences*, *18*, 723–806.
- Feldman, A.G., Levin, M.F., Mitnitski, A., y Archambault, P. (1998). Multi-muscle control in human movements. Keynote lecture. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, *8*, 383–90.

- Fernández Franco, F.J. (2002). El tratamiento de la información. La necesidad del feedback. *EFDeportes.com*, 50. Recuperado de <http://www.efdeportes.com/efd50/info.html>
- Fiehler, K., Burke, M., Bien, S., Röder, B., y Rösler, F. (2009). The human dorsal action control system develops in the absence of vision. *Cerebral Cortex*, 19, 1–12. Doi: 10.1093/cercor/bhn067
- Fiehler, K., Reuschel, J., y Rösler, F. (2009). Early non-visual experience influences proprioceptive-spatial discrimination acuity in adulthood. *Neuropsychologia*, 47, 897–906. Doi: 10.1016/j.neuropsychologia.2008.12.023
- Finney, S.A. (1997). Auditory feedback and musical keyboard performance. *Music Perception*, 15, 153–174.
- Finney, S.A., y Palmer, C. (2003). Auditory feedback and memory for music performance: Sound evidence for an encoding effect. *Memory & Cognition*, 31, 51–64.
- Fitts, P.M. (1954). The information capacity of the human motor system in controlling the amplitude of movement. *Journal of Experimental Psychology*, 47, 381–391.
- Flach, R. (2005). The transition from synchronization to continuation. *Human Movement Science*, 24, 465–483.
- Fleishman, E.A. (1964). *The structure and measurement of physical fitness*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- Fletcher, N.H. (1975). Acoustical correlates of flute performance technique. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 57(1), 233–237.
- Fortin, M., Voss, P., Lord, C., Lassonde, M., Pruessner, J., Saint-Amour, D., . . . Lepore, F. (2008). Wayfinding in the blind: Larger hippocampal volume and supranormal spatial navigation. *Brain*, 131, 2995–3005. Doi: 10.1093/brain/awn250
- Fortin, M., Voss, P., Rainville, C., Lassonde, M., y Lepore, F. (2006). Impact of vision on the development of topographical orientation abilities. *NeuroReport*, 17, 443–446. Doi: 10.1097/01.wnr.0000203626.47824.86
- Frassinetti, F., Bolognini, N., y Ladavas, E. (2002). Enhancement of visual perception by crossmodal visuo-auditory interaction. *Experimental Brain Research*, 147, 332–343.
- Frings, C., y Spence, C. (2010). Crossmodal congruency effects based on stimulus identity. *Brain Research*, 1354, 113–122.
- Fujii, T., Tanabe, H. C., Kochiyama, T., y Sadato, N. (2009). An investigation of cross-modal plasticity of effective connectivity in the blind by dynamic causal modeling

- of functional MRI data. *Neuroscience Research*, 65, 175–186. Doi:10.1016/j.neurores.2009.06.014.
- Galofré, F. (1996). *La Flauta Dulce (I)*. Barcelona: DINSIC Publicacions Musicals.
- García, F., Vincelas, L., Tubau, J., y Maestre, E. (2011). Acquisition and study of blowing pressure profiles in recorder playing. En *Proceedings of the International Conference on New interfaces for Musical Expression*. Oslo, Noruega.
- Gates, A., y Bradshaw, J.L. (1974). Effects of auditory feedback on a musical performance task. *Perception & Psychophysics*, 16, 105–109.
- Gates, A., Bradshaw, J., y Nettleton, N. (1974). Effect of different delayed auditory feedback intervals on a music performance task. *Perception & Psychophysics*, 14, 21–25.
- Gentile, A.M. (1972). A working model of skill acquisition with application to teaching. *Quest*, 17, 3–23.
- Gérard, A. (2011). El sonograma: una representación practica de los sonidos. The sonagram: a practical representation of sounds. *Revista boliviana de física*, 18, 37–49.
- Ghahramani, Z., Wolpert, D.M., y Jordan, M.I., (1997). Computational models of sensorimotor integration. *Adv. Psychol*, 119, 117–147.
- Gibson, J.J. (1979/1986). *The ecological approach to visual perception*. Boston: Houghton Mifflin.
- Gibson, J.J. (1966). *The senses considered as perceptual systems*. Boston: Houghton Mifflin.
- Gibson, J.J. (1962). Observations on active touch. *Psychological Review*, 69, 477–490.
- Gibson, J.J. (1950). *The perception of the visual world*. Boston: Houghton-Mifflin.
- Gimeno, J., y Pérez, A. (1993). *Comprender y transformar la enseñanza* (2.ª ed.). Madrid: Morata.
- Glenberg, A.M., Mann, S., Altman, L., Forman, T., y Prochise, S. (1989). Modality effects in the coding and reproduction of rhythms. *Memory & Cognition*, 17(4), 373–383.
- Goebel, W., y Palmer, C. (2009). Synchronization of timing and motion among performing musicians. *Music Perception*, 26, 427–438.
- Goodman, L., Riley, M. A., Mitra, S., y Turvey, M. T. (2000). Advantages of rhythmic movements at resonance: minimal active degrees of freedom, minimal noise, and maximal predictability. *Journal of Motor Behavior*, 32(1), 3–8.

- Gordon, E. (1971). *The psychology of music teaching*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- Grahn, J.A., y Brett, M. (2007). Rhythm and beat perception in motor areas of the brain. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *19*, 893–906.
- Grahn, J.A., y McAuley, J.D. (2009). Neural bases of individual differences in beat perception. *NeuroImage*, *47*, 1894–1903. Doi: 10.1016/j.neuroimage.2009. 04.039
- Granda, J.G. (1998). *Modelos organizados del deporte en edad escolar: Evaluación de una alternativa*. Universidad de Granada.
- Granda, J.G., y Alemany I. (2002). *Manual de aprendizaje y desarrollo motor una perspectiva educativa*. España: Paidós.
- Granda, J.G., Barbero, J.C., y Lozano, M.A. (2006). Efecto de las limitaciones informacionales en el aprendizaje motor en la flauta de pico. *Motricidad: European Journal of Human Movement*, *17*, 135–149.
- Granda, J.G., Barbero, J.C., y Medina, M.M. (2005). Efecto de la organización de la práctica en la eficacia y estructura cinemática del codo en el lanzamiento en precisión en escolares de 5 años. *Publicaciones*, *35*, 125–138.
- Granda, J.G., Barbero, J.C., y Rodríguez Cartagena, T. (2004). Las limitaciones informacionales como variables mediadoras en el aprendizaje de instrumentos musicales: un estudio con el piano. *Motricidad: European Journal of Human Movement*, *11*, 73–88.
- Goldfield, E.C., Kay, B.A., y Warren, W.H. (1993). Infant bouncing: The assembly and tuning of action systems. *Child Development*, *64*(4), 1128–1142.
- Grosser, M., y Neumaier, A. (1986). *Técnicas de entrenamiento*. Barcelona: Ediciones Martínez Roca.
- Grondin, S., Rousell, M., Gamache, P., Roy, M., y Ouellet, B. (2005). The structure of sensory events and the accuracy of time judgments. *Perception*, *34*, 45–58.
- Goodale, M.A., y Milner, A.D. (1992) Separate visual pathways for perception and action. *Trends in Neurosciences*, *15*(1), 20–25.
- Gustems Carnicer, J. (2003). *Flauta dulce en los estudios universitarios de "Mestre en Educació Musical" en Catalunya: revisió y adecuación de contenidos*. Tesis Doctorado, Universidad de Barcelona, Barcelona, España. Recuperado de <http://hdl.handle.net/10803/1275>
- Haken, H., Kelso, J.S., y Bunz, H. (1985). A theoretical model of phase transitions in human hand movements. *Biological Cybernetics*, *51*, 347–356.

- Handford, C., Davids, K., Bennett, S., y Button, C. (1997). Skill acquisition in sport: Some applications of an evolving practice ecology. *Journal of Sport Sciences*, 15, 621–640.
- Halligan, P.W., Hunt, M., Marshall, J.C., y Wade, D.T. (1995). Sensory detection without localization. *Neurocase*, 1, 259–66.
- Hattori, M., Sumita, Y. I., y Taniguchi, H. (2014). Influence of changes in the oral cavity on the performance of recorder players: A pilot study. *The Journal of prosthetic dentistry*, 111(5), 425–429.
- Hauwe, W. Van. (1984). *The modern Recorder Player*. Ltd London ED12150: Schott y Co.
- Haxby, J.V., Grady, C.L., Horwitz, B., Ungerleider, L.G., Mishkin, M., Carson, R.E., . . . Rapoport, S.I. (1991). Dissociation of object and spatial visual processing pathways in human extrastriate cortex. *Proceedings of the National Academy of Sciences, USA*, 88, 1621–1625. Doi: 10.1073/pnas.88.5. 1621
- Heitger, M.H., Ronsse, R., Dholander, T., Dupont, P., Caeyenberghs, K., y Swinnen, S.P. (2012). Motor learning-induced changes in functional brain connectivity as revealed by means of graph-theoretical network analysis. *NeuroImage*, 61(3), 633–650. <http://dx.doi.org/10.1016/j.neuroimage.2012.03.067>.
- Henry, F.M. (1960). Influence of motor and sensory sets on reaction latency and speed of discrete movements. *Research Quarterly*, 31, 459–468.
- Herrick, C.J. (1924). Origins and evolution of the cerebellum. *Archives of Neurology and Psychiatry*, 11, 621–652.
- Hikosaka, O., Nakamura, K., Sakai, K., y Nakahara, H. (2002). Central mechanisms of motor skill learning. *Current opinion in neurobiology*, 12(2), 217–222.
- Horak, F.B., Nashner, L.M., y Diener, H.C. (1990). Postural strategies associated with somatosensory and vestibular loss. *Experimental Brain Research*, 82, 167–177.
- Howell, P. (2004). Assessment of some contemporary theories of stuttering that apply to spontaneous speech. *Contemporary Issues in Communicative Sciences and Disorders*, 39, 122–139.
- Howell, P., y Archer, A. (1984). Susceptibility to the effects of delayed auditory feedback. *Perception & Psychophysics*, 36, 296–302.
- Howell, P., Powell, D.J., y Khan, I. (1983). Amplitude contour of the delayed signal and interference in delayed auditory feedback tasks. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 9, 772–784.



- Honzik, C.H. (1936). The sensory basis of maze learning in rats. *Comparative Psychology Monographs*, 13(4), 1–113.
- Hunter, W.S. (1930). A consideration of Lashley's theory of the equipotentiality of cerebral action. *The Journal of General Psychology*, 3(4), 455–468.
- Iversen, J.R., y Balasubramaniam, R. (2016). Synchronization and temporal processing. *Current Opinion in Behavioral Sciences*, 8, 175–180.
- James, W. (1890). *Principles of Psychology*. New York: Holt.
- James, T.W., Culham, J., Humphrey, G.K., Milner, A.D., y Goodale, M.A. (2003). Ventral occipital lesions impair object recognition but not object-directed grasping: an fMRI study. *Brain*, 126(11), 2463–2475.
- Jarus, T. y Goroever, Y. (1999). Effects of contextual interference and age on acquisition, retention and transfer of motor skill, *Perceptual and Motor Skill*, 1999, 88, 437–447.
- Jeannerod, M., y Rossetti, Y. (1993). Visuomotor coordination as a dissociable visual function: experimental and clinical evidences. *Baillière's Clinical Neurology*, 2(2), 439–460.
- Jokiniemi, M., Raisamo, R., Lylykangas, J., y Surakka, V. (2008). Crossmodal rhythm perception. En *Haptic and Audio Interaction Design* (pp. 111–119). Springer Berlin: Heidelberg.
- Jones, L.A., y Lederman, S.J. (2006). *Human hand function*. New Cork: Oxford University Press.
- Jouhet, I., Zanone, P.G., y Albaret, J.M. (2003). Attentional cost associated with learning a new bimanual coordination pattern. W. I. Schöllhorn, C. Bohn, J. M. Jäger, H. Schaper, y M. Alichmann. *European Workshop on Movement Science. Mechanics, Physiology, Psychology*. Colonia: Sport Buch Strauss.
- Kanai, R., Lloyd, H., Buetti, D., y Walsh, V. (2011). Modality-independent role of the primary auditory cortex in time estimation. *Experimental Brain Research*, 209(3), 465–471. <http://dx.doi.org/10.1007/s00221-011-2577-3>
- Kanizsa, G., y Gerbino, W. (1982). Amodal completion: Seeing or thinking?. En J. Beck (Ed.), *Organisation in representation and perception* (pp. 167–190). Hillsdale NJ: Erlbaum.
- Karabanov, A., Blom, O., Forsman, L., y Ullén, F. (2009). The dorsal auditory pathway is involved in performance of both visual and auditory rhythms. *NeuroImage*, 44(2), 480–488. <http://dx.doi.org/10.1016/j.neuroimage.2008.08.047>

- Kawato, M., Furukawa, K., y Suzuki, R. (1987). A hierarchical neural-network model for control and learning of voluntary movement. *Biological cybernetics*, 57(3), 169–185. <http://dx.doi.org/10.1007/BF00364149>.
- Kay, B., Turvey, M.T., y Meijer, O. (2003). An early oscillator mechanism: Studies in the biodynamics of the piano strike (Bernstein y Popova, 1930). *Motor Control*, 7(1), 1–45.
- Keele, S.W. (1982). Learning and control of coordinated motor patterns: The programming perspective. En J.A.S. Kelso (Ed.) *Human Motor Behavior. An introduction*. London: LEA Publishers.
- Keele, S.W. (1982). Component analysis and concepts of skill. En Scott Kelso J.A. (Ed.). *Human motor behaviour: an introduction*, (pp. 143–159). London: Erlbaum.
- Keller, P.E., y Repp, B.H. (2008). Multilevel coordination stability: Integrated goal representations in simultaneous intra-personal and inter-agent coordination. *Acta psychologica*, 128(2), 378–386.
- Kelso, J.A.S. (1997). Relative timing in brain and behavior: some observations about the generalized motor program and self-organized coordination dynamics. *Human Movement Science*, 16, 453–460.
- Kelso, J.A.S. (1999). *Dynamic Patterns*. USA: Massachusetts Institute of Technology.
- Kelso, J.A.S. (2000). Principles of dynamic pattern formation and change for a science of human behavior. Bergman L.R., R.B. Cairns, L.G. Nilsson, y L. Nystedt. *Developmental science and the holistic approach*. Lawrence: Erlbaum associates publishers.
- Kelso, J.A.S., y Ding, M. (1993). Fluctuations, intermittency, and controllable chaos in biological coordination. K.M. Newell, y Corcos D.M. *Variability and Motor Control*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Kelso, J.A.S., y Schöner, G. (1988). Self-organization of coordinative movement patterns. *Human Movement Science*, 7, 27–46.
- Kelso, J.A.S., y Zanone, P.G. (2002). Coordination dynamics of learning and transfer across different effector systems. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 28(4), 776–797.
- Kernodle, M.W., y Carlton, L.G. (1992). Information feedback and the learning of multiple-degree-of-freedom activities. *Journal of Motor Behavior*, 24(2), 187–196.

- Kerr, N.H. (1983). The role of vision in "visual imagery" experiments: Evidence from the congenitally blind. *Journal of Experimental Psychology: General*, 112, 265–277. Doi: 10.1037/0096-3445.112.2.265
- Koelewijn, T., Bronkhorst, A., y Theeuwes, J. (2010). Attention and the multiple stages of multisensory integration: A review of audiovisual studies. *Audiovisuals Psychologica Acta*, 134 (3), 372–384.
- Kosonen, K., y Raisamo, R. (2006). Rhythm perception through different modalities. En *Proceedings of Eurohaptics* (pp. 365–370).
- Kostrubiec, V., y Zanone, P.G. (2002). Memory dynamics: distance between the new task and existing behavioral patterns affects learning and interference in bimanual coordination. *Neuroscience Letters*, 331, 193–197.
- Kubovy, M. (1988). Should we resist the seductiveness of the space: time::vision:audition analogy? *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 14, 318–320.
- Kugler, P.N., Kelso, J.A.S., y Turvey, M.T. (1980). On the concept of coordinative structures as dissipative structures: I. Theoretical lines of convergence. En G.E. Stelmach y J. Requin (Eds.), *Tutorials in motor behavior* (pp. 3–47). New York: North-Holland.
- Kugler, P.N., Kelso, J.A.S., y Turvey, M.T. (1982). On the control and coordination of naturally developing systems. En J.A.S. Kelso y J.E Clark (Eds.), *The development of movement control and coordination* (pp. 5–78). New York: Wiley.
- Kugler, P.N., y Turvey, M.T. (1987). *Information, Natural Law and the Self-Assembly of Rhythmic Movement*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Kupers, R., Chebat, D.R., Madsen, K.H., Paulson, O.B., y Ptito, M. (2010). Neural correlates of virtual route recognition in congenital blindness. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 107(28), 12716–12721. Doi: 10.1073/pnas.1006199107
- Krause, V., Pollok, B., y Schnitzler, A. (2010). Perception in action: The impact of sensory information on sensorimotor synchronization in musicians and non-musicians. *Acta Psychologica*, 133, 28–37. Doi: 10.1016/j.actpsy.2009.08.003
- Lanphear, A.K., Whittall, J., Overby, L.Y., Tyler, R.W., y Clark, J.E. (1991). Comparison of four types of feedback on the golf putting task performance of novice adults. *Journal of Human Movement Studies*, 21, 201–215.
- Large, E.W. (2000). On synchronizing movements to music. *Human Movement Science*, 19, 527–566.

- Lashley, K.S. (1917). The accuracy of movement in the absence of excitation from the moving organ. *American Journal of Physiology*, 43, 169–194.
- Lashley, K.S., y Ball, J. (1929). Spinal conduction and kinaesthetic sensitivity in the maze habit. *Journal of Comparative Psychology*, 9, 71–106.
- Lashley, K.S., y McCarthy, D.A. (1926). The survival of the maze habit after cerebellar injuries. *Journal of Comparative Psychology*, 6(6), 423–434.
- Lasocki, D. (1999). Estudios sobre la flauta dulce publicados en 1995 (2ª parte). *Revista de Flauta de Pico*, 14, 17–22.
- Laurin, D. (1999). *The relation between the vocal tract and recorder sound quality*. New York: Edición propia. Recuperado de <http://user.tninet.se/~lne754i/>
- Lavignac, A. (1950). *La Educación Musical*. Buenos Aires: Ricordi Americana.
- Lederman, S.J., y Klatzky, R.L. (1993). Extracting object properties through haptic exploration. *Acta Psychologica*, 84, 29–40.
- Leenhouts, P. (2000). "A noble noyse of Musicke": La majestad de la música instrumental inglesa 1540-1620. *Revista de flauta de piko: La revista española de flauta dulce*, 15, 23–28.
- Lehmann, A., Arias, D.J., y Schönwiesner, M. (2016). Tracing the neural basis of auditory entrainment. *Neuroscience*, 337, 306–314.
- Lestienne, F.G., y Gurfinkel, V.S. (1988). Postural control in weightlessness: A dual process underlying adaptation to an unusual environment. *Trends in Neuroscience*, 11, 359–63.
- Lestienne, F.G., Thullier, F., Archambault, P., Levin, M.F., y Feldman, A.G. (2000). Multi-muscle control of head movements in monkeys: The referent configuration hypothesis. *Neuroscience Letters*, 283, 65–68.
- Lewis, P., y Miall, R. (2003). Distinct systems for automatic and cognitively controlled time measurement: Evidence from neuroimaging. *Current Opinion in Neurobiology*, 13, 250–255. Doi: 10.1016/S0959-4388(03)00036-9
- Linortner, R. (2001). *Silber, Gold, Platin: Der Materialaspekt bei Querflöten*. Tesis Doctoral Inédita, University of Music and Performing Arts Vienna. Viena, Austria.
- Lobo, L., y Travieso, D. (2012). El patrón de exploración modula la percepción de longitudes a través del tacto dinámico. *Psicothema*, 24(1), 55–61.
- Loomis, J.M., Klatzky, R.L., Golledge, R.G., Cicinelli, J.G., Pellegrino, J.W., y Fry, P.A. (1993). Nonvisual navigation by blind and sighted: Assessment of path integra-

- tion ability. *Journal of Experimental Psychology: General*, 122, 73–91. Doi: 10.1037/0096-3445.122.1.73
- López, R.F.J. (2013). Los sonidos armónicos y los sonidos parciales en la flauta. *Todo Flauta*, 7, 11–15.
- Lünenburger, L., Kutz, D.F., y Hoffmann, K.P. (2000). Influence of arm movements on saccades in humans. *European Journal of Neuroscience*, 12(11), 4107–4116.
- Mace, W.M. (2001). Amodal specifying information: Where is occlusion? *Behavioral and Brain Sciences*, 24 (2), 226–227. Recuperado de <http://search.proquest.com/docview/212301644?accountid=14542>
- Mahoney, M.J. (1974). *Cognition and Behavior Modification*. Cambridge, Massachusetts: Ballinger Publishing.
- Maideu, J. (1995). *Instruments musicals*. Vic: Eumo.
- Maioli, C., Falciani, L., y Giancesini, T. (2007). Pursuit eye movements involve a covert motor plan for manual tracking. *The Journal of Neuroscience*, 27(27), 7168–7173.
- Magill, R.A., y Hall, K.G. (1990). A review of the contextual interference effect in motor skill acquisition. *Human movement science*, 9(3), 241–289.
- Magill, R.A., Chamberlin, C.J., y Hall, K.G. (1991). Verbal knowledge of results as redundant information for learning an anticipation timing skill. *Human Movement Science*, 10, 485–507.
- Marcel, A. (2003). The sense of agency: Awareness and ownership of action. En J. Roessler y N. Eilan (Eds.), *Agency and self-awareness* (pp. 48–93). Oxford: Oxford University Press.
- Marteniuk, R.G. (1976). *Information processing in motor skills*. New York: Rinehart & Winston.
- Matthews, P.B.C. (1981). Muscle spindles: Their messages and their fusiomotor supply. En *Handbook of physiology: I. The nervous system*. American Physiological Society.
- May, P.J. (2005). The mammalian superior colliculus: Laminar structure and connections. *Progress in Brain Research*, 151, 321–78.
- McGarry, T., O'Donoghue, P., y Sampaio, J. (2013). *Routledge handbook of sports performance analysis*. Londres: Routledge.
- McMichael, K., y Bingham, G. (2001). Functional separation of the senses is a requirement of perception/action research. *Behavioral and Brain Sciences*, 24(2), 227–

228. Recuperado de [http://search.proquest.com/docview/21222\\_6415?accountid=14542](http://search.proquest.com/docview/21222_6415?accountid=14542)
- Melzack, R. (1989). Phantom limbs, the self and the brain: The D.O. Hebb Memorial Lecture. *Canadian Psychology*, 30(1), 1–16.
- Menayo, R., García, J.P.F., Moreno, F.J., Reina, R., y García, J.A. (2010). Relación entre variabilidad de la práctica y variabilidad en la ejecución del servicio plano en tenis. *European Journal of Human Movement*, (25), 75–92.
- Merchant, H., Harrington, D.L., y Meck, W.H. (2013). Neural basis of the perception and estimation of time. *Annu. Rev. Neurosci*, 36(1), 313–336. [http:// dx.doi.org/10.1146/annurev-neuro-062012-170349](http://dx.doi.org/10.1146/annurev-neuro-062012-170349).
- Meredith, M.A., Nemitz, J.W., y Stein, B.E. (1987). Determinants of multi-sensory integration in superior colliculus neurons I. Temporal factors. *The Journal of Neuroscience*, 7(10), 3215–3229.
- Michels, U. (1982). *Atlas de Música, 1*. Madrid: Alianza Editorial.
- Minguet y Irol, P. (1754). *Reglas y advertencias generales que enseñan el modo de tañer todos los instrumentos mejores, y más usuales, como son la Guitarra, Tiple, Vandola, Cythara, Clavicordio, Organo, Harpa, Psalterio Bandurria, Violin, Flauta Travesera, Flauta Dulce y la Flautilla*. Madrid: Joaquín Ibarra.
- Milner, A.D., y Goodale, M.A. (1995). *The visual brain in action*. Oxford: Oxford University Press.
- Millar, S. (1988). Models of sensory deprivation: The nature/nurture dichotomy and spatial representation in the blind. *International Journal of Behavioral Development*, 11, 69–87. Doi: 10.1177/ 016502548801100105
- Mitra, S., Amazeen, P.G., y Turvey, M.T. (1998). Intermediate motor learning as decreasing active (dynamical) degrees of freedom, *Human Movement Science*, 17, 17–65.
- Millieux, L., Calvin, S., y Temprado, J.J. (2003). Recruitment of degrees of freedom in a synchronisation task: result of a coalition of constraints. W.I. Schöllhorn, C. Bohn, J.M. Jäger, H. Schaper, y M. Alichmann. *European workshop on movement science. Mechanics, Physiology, Psychology*. Köln: Sport Buch Strauss.
- Montcastle, V.B. (1974). *Medical physiology* (13<sup>a</sup> ed.). St. Louis: C.V. Mosby Co.
- Molinari, M., Leggio, M.G., Martin, M., Cerasa, A., y Thaut, M. (2003). Neurobiology of rhythmic motor entrainment. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 999(1), 313–321.

- Morein-Zamir, S., Soto-Faraco, S., y Kingstone, A. (2003). Auditory capture of vision: Examining temporal ventriloquism. *Cognitive Brain Research*, 17(1), 154–163.
- Morrongiello, B.A., Timney, B., Humphrey, G.K., Anderson, S., y Skory, C. (1995). Spatial knowledge in blind and sighted children. *Journal of Experimental Child Psychology*, 59, 211–233. Doi: 10.1006/jecp.1995.1010
- Narejos, A. (2000a). Nueva mirada sobre la actividad del pianista. *Revista electrónica de LEEME*, (5), 33.
- Narejos, A. (2000b). El taller de las manos. *Revista electrónica de LEEME*, (6), 2.
- Narejos, A. (2002). El taller de las manos. *Revista Música y Educación. Año XV*, 2(50), 73–84.
- Newell, K.M. (1976). Knowledge of results and motor learning. *Exercise and sport sciences reviews*, 4(1), 195–228.
- Newell, K.M. (1986). Constraints on the development of coordination. En M. Wade y H.T.A. Whiting (Eds.), *Motor Development in Children: Aspects of Coordination and Control* (pp. 341–360). Dordrecht: Martinus Nijhoff.
- Newell, K.M. (1996). Change in movement and skill: learning, retention and transfer. En M.L. Latash y M.T. Turvey (Eds.), *Dexterity and its development* (pp. 393–430). Mahwah NJ: Erlbaum.
- Newell, K.M., y McGinnis, P.M. (1985). Kinematic information feedback for skilled performance. *Human Learning*, 4, 39–56.
- Newell, K.M., Liu, Y.T., y Mayer-Kress, G. (2001). Time scales in motor learning and development. *Psychological Review*, 108(1), 57–82.
- Newell, K.M., y Walter, C.B. (1981). Kinematic and kinetic parameters as information feedback in motor skill acquisition. *Journal of Human Movement Studies*, 7, 235–254.
- Nichols, R.L., Hanson, F., Deahling, W.A., y Hofmann, H. (1971). *The improvement of Brass Instrument Teaching Through the Use of Profile of the Physical Aspects Involved (A Method for the Establishment of Physical Parameters in Trumpet Playing)*. Odgen: Weber State College. U.S. Department of Health, Education and Welfare.
- Noesselt, T., Bergmann, D., Hake, M., Heinze, H.J., y Fendrich, R. (2008). Sound increases the saliency of visual events. *Brain Research*, 1220, 157–163.
- Noguero, A.M. (2005). *Publicidad, educación y nuevas tecnologías (Vol. 12)*. España: Ministerio de Educación.

- Occelli, V., Spence, C., y Zampini, M. (2013). Auditory, tactile, and audio-tactile information processing following visual deprivation. *Psychological Bulletin*, 139(1), 189–212. Doi: <http://dx.doi.org/10.1037/a0028416>
- Oña, A. (1994). *Comportamiento motor. Bases psicológicas del movimiento humano*. Granada: Universidad de Granada.
- Oppici, L., Panchuk, D., Serpiello, F.R., y Farrow, D. (2017). Long-term practice with domain-specific task constraints influences perceptual skills. *Frontiers in psychology*, 8, 1387.
- Oscari, F., Secoli, R., Avanzini, F., Rosati, G., y Reinkensmeyer, D.J. (2012). Substituting auditory for visual feedback to adapt to altered dynamic and kinematic environments during reaching. *Exp. Brain Res.*, 221(1), 33–41, <http://dx.doi.org/10.1007/s00221-012-3144-2>.
- Osorio, J.A.C., Knott, A. M., y Osorio, J.A.C. (2012). Aproximación a la síntesis de la música a través del análisis de Fourier. *Scientia et Technica*, 1(52), 129–135.
- Pacheco, M.M., y Newell, K.M. (2018). Search strategies in practice: Influence of information and task constraints. *Acta psychologica*, 182, 9–20.
- Paillard, J. (1999). Body schema and body image: A double dissociation in deafferented patients. En G.N. Gantchev, S. Mori y J. Massion (Eds.), *Motor control, today and tomorrow* (pp. 197–214). Sofia: Academic Publishing House.
- Paillard, J., Michel, F., y Stelmach, G. (1983). Localization without content: A tactile analogue of 'blind sight'. *Archives of Neurology*, 40, 548–51.
- Pan, J.S., Bingham, N., y Bingham, G.P. (2013). Embodied memory: effective and stable perception by combining optic flow and image structure. *Journal of Experimental Psychology – Human Perception and Performance*, 39(6), 1638–1651.
- Pandya, D.N., y Yeterian, E.H. (1990). Architecture and connections of the cerebral cortex: Implications for brain evolution and function. En A.B. Scheibel y A.F. Wechsler (Eds.), *Neurobiology of higher cognitive function* (pp. 53–84). New York: Guilford Press.
- Pause, M., Kunesh, E., Binkofski, F., y Freund, H.J. (1989). Sensorimotor disturbances in patients with lesions of the parietal cortex. *Brain*, 112, 1599–1625.
- Pérez Córdoba, E., y Caracuel, J.C. (1995, marzo). Lenguaje Psicológico y Comportamiento Deportivo: una visión interconductual. *Comunicación presentada al V Congreso Nacional de Psicología de la Actividad Física y el Deporte*. Valencia.



- Pellecchia, G.L., y Turvey, M.T. (2001). Cognitive activity shifts the attractors of bimanual rhythmic coordination. *Journal of Motor Behavior*, 33(1), 9–15.
- Peper, C.E., Beek, P.J., y Van Wieringen, P.C.W. (1995). Multifrequency coordination in bimanual tapping: asymmetrical coupling and signs of supercriticality. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 21(5), 1117–1138.
- Pérez Prieto, M. (1995). Presencia de la flauta de pico y de la travesera en tres capillas musicales salmantinas: catedralicia, universitaria y de San Martín, durante el periodo 1700-1750. *Revista de flauta de pico: La revista española de flauta dulce*, 2, 3–6.
- Pérez Prieto, M. (1999). Reflexiones sobre la técnica básica de la flauta dulce como instrumento de educación musical. *Revista AULA de la Universidad de Salamanca*, 11, 247–259. Recuperado de <http://web.usal.es/~mpp/index.htm>
- Pfordresher, P.Q. (2004). Can altered auditory information affect planning? Evidence from music performance. *Stammering Research*, 1, 51–53.
- Pfordresher, P.Q. (2005). Auditory feedback in music performance: The role of melodic structure and musical skill. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 31, 1331–1345.
- Pfordresher, P.Q. (2006). Coordination of perception and action in music performance. *Advances in Cognitive Psychology*, 2, 183–198.
- Pfordresher, P.Q. (2008). Auditory feedback in music performance: The role of transition-based similarity. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 34, 708–725.
- Pfordresher, P.Q., y Palmer, C. (2002). Effects of delayed auditory feedback on timing of music performance. *Psychological Research*, 66, 71–79.
- Poulton, E.C. (1957). On prediction in skilled movements. *Psychological Bulletin*, 54, 467–478.
- Posner, M.I. (1969). Reduced attention and the performance of automated movements. *Journal of Motor Behavior*, 1, 245–258.
- Prather, P., y Gardner, H. (1992). Developmental neuropsychology: lessons from cognitive development. *Handbook of neuropsychology*, 6, 419–419.
- Prochell, M.C. (1961). El Protestantismo, su música y músicos. *Revista Musical Chilena*, 15(77), p–39.

- Proteau, L. (1992). On the specificity of learning and the role of visual information for movement control. En L. Proteau y D. Elliott (Eds.), *Vision and motor control* (pp. 67–103). Amsterdam: North Holland. Doi: 10.1016/S0166-4115(08)62011-7
- Proteau, L., Marteniuk, R. G., y Lévesque, L. (1992). A sensorimotor basis for motor learning: Evidence indicating specificity of practice. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 44(3), 557–575.
- Proteau, L., Tremblay, L., y Dejaeger, D. (1998). Practice does not diminish the role of visual information in on-line control of a precision walking task: Support for the specificity of a practice hypothesis. *Journal of Motor Behavior*, 30, 143–150.
- Puig Ortiz, J. (2006). *Estudi del mecanisme d'autoexcitació de bisell en el domini temporal*. Tesis de la Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona, España.
- Ramachandran, V.S., Inada, V., y Kiama, G. (1986). Perception of illusory occlusion in apparent motion. *Vision Research*, 26(10), 1741–1749.
- Rauschecker, J.P. (1998). Cortical processing of complex sounds. *Current Opinion in Neurobiology*, 8(4), 516–21.
- Rauschecker, J.P., y Tian, B. (2000). Mechanisms and streams for processing of “what” and “where” in auditory cortex. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 97(22), 11800–11806.
- Razumiejczyk, E., Macbeth, G., Marmolejo-Ramos, F., y Noguchi, K. (2015). Crossmodal integration between visual linguistic information and flavour perception. *Appetite*, 91, 76–82.
- Reed, E.S. (1996). *Encountering the world: Toward an ecological psychology*. Oxford: Oxford University Press.
- Reich, L., Maidenbaum, S., y Amedi, A. (2012). The brain as a flexible task machine: implications for visual rehabilitation using noninvasive vs. invasive approaches. *Curr. Opin. Neurol*, 25(1), 86–95. <http://dx.doi.org/10.1097/WCO.0b013e32834ed723>.
- Reich, L., Szwed, M., Cohen, L. y Amedi, A. (2011). A ventral visual stream reading center independent of visual experience. *Current Biology*, 21, 363–368. Doi: 10.1016/j.cub.2011.01.040
- Reid, T. (1764). *An inquiry into the human mind, on the principles of common sense*. Edinburgh: Millar and Kincaid and Bell.
- Reynoso, S.R., Solana, R.S., Vaíllo, R.R., y Hernández, F.J.M. (2013). Aprendizaje diferencial aplicado al saque de voleibol en deportistas noveles. *Apunts. Educació Física i Esports*, 4(114), 45–52.

- Renier, L.A., Anurova, I., De Volder, A.G., Carlson, S., VanMeter, J., y Rauschecker, J.P. (2010). Preserved functional specialization for spatial processing in the middle occipital gyrus of the early blind. *Neuron*, 68, 138–148. Doi: 10.1016/j.neuron.2010.09.021
- Repp, B.H. (1999). Effects of auditory feedback deprivation on expressive piano performance. *Music Perception*, 16(4), 409–438.
- Repp, B.H. (2005). Sensorimotor synchronization: A review of the tapping literature. *Psychonomic Bulletin & Review*, 12, 969–992.
- Repp, B.H., y Su, Y.H. (2013). Sensorimotor synchronization: A review of recent research (2006–2012). *Psychonomic Bulletin and Review*, 20, 403–452.
- Rescorla, R.A. (1988). Behavioral studies of Pavlovian conditioning. *Annual Review of Neuroscience*, 11, 329–352.
- Riera, J. (1989). *Fundamentos del aprendizaje de la técnica y la táctica deportivas*. Barcelona: Inde.
- Richardson, M.J., Lopresti-Goodman, S., Mancini, M., Kay, B., y Schmidt, R.C. (2008). Comparing the attractor strength of intraand interpersonal interlimb coordination using cross-recurrence analysis. *Neuroscience Letters*, 438(3), 340–345.
- Robert, C. (1998). *XXème Siècle et Flûte à Bec. Sa redécouverte en France*. Bourg-la-Reine: Zurfluh.
- Robertson, S., y Elliott, D. (1996). Specificity of learning and dynamic balance. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 67, 69–75.
- Röder, B., Teder-Saläjärvi, W., Sterr, A., Rösler, F., Hillyard, S.A., y Neville, H.J. (1999). Improved auditory spatial tuning in blind humans. *Nature*, 400, 162–166. Doi: 10.1038/22106
- Ronsse, R., Puttemans, V., Coxon, J.P., Goble, D.J., Wagemans, J., Wenderoth, N., y Swinnen, S.P. (2011). Motor learning with augmented feedback: modality-dependent behavioral and neural consequences. *Cerebral Cortex*, 21(6), 1283–1294, <http://dx.doi.org/10.1093/cercor/bhq209>
- Ross, J.M., y Balasubramaniam, R. (2014). Physical and neural entrainment to rhythm: human sensorimotor coordination across tasks and effector systems. *Frontiers in human neuroscience*, 8, 576.
- Rossetti, Y., Rode, G., y Boisson, D. (1995). Implicit processing of somaesthetic information: A dissociation between where and how?. *NeuroReport*, 6, 506–10.

- Rossetti, Y., Rode, G., y Boisson, D. (2001). Numbsense: a case study and implications. En B. De Gelder, E.H.F. De Haan y C.A. Heywood (Eds.), *Out of mind: varieties of unconscious processes* (pp. 265–294). Oxford: Oxford University Press.
- Ruiz, L.M. (1994). *Deporte y Aprendizaje. Procesos de adquisición y desarrollo de habilidades*. Madrid: Visor.
- Ruiz, L.M., Arruza, J.A. (2002). Complejidad y dinamismo en el proceso de adquisición motriz y deportiva. En J.A. Arruza (Ed.), *Nuevas perspectivas acerca del deporte educativo* (pp. 41–66). Bilbao: Universidad del País Vasco.
- Sadato, N., Okada, T., Kubota, K., y Yonekura, Y. (2004). Tactile discrimination activates the visual cortex of the recently blind naive to Braille: A functional magnetic resonance imaging study in humans. *Neuroscience Letters*, 359, 49–52.
- Sadato, N., Pascual-Leone, A., Grafman, J., et al. (1996). Activation of the primary visual cortex by braille reading in blind subjects. *Nature*, 380, 526–28.
- Sakai, K., Hikosaka, O., y Nakamura, K. (2004). Emergence of rhythm during motor learning. *Trends Cogn. Sci.*, 8(12), 547–553. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tics.2004.10.005>
- Sakata, H., Taira, M., Murata, A., y Mine, S. (1995). Neural mechanisms of visual guidance of hand action in the parietal cortex of the monkey. *Cerebral Cortex*, 5, 429–38.
- Salillas, E., Graná, A., El-Yagoubi, R., y Semenza, C. (2009). Numbers in the blind's "eye". *PLoS One*, 4, e6357. Doi: 10.1371/journal.pone.0006357
- Salmoni, A.W., Schmidt, R.A., y Walter, CH.B. (1984). Knowledge of results and motor learning: a review and critical reappraisal. *Psychological Bulletin*, 95(3), 355–386.
- Savelsbergh, G.J.P. (1990). *Catching behavior*. Amsterdam: Free University Press.
- Schaeffer, P. (1988). *Tratado de los objetos musicales*. Madrid: Alianza Música.
- Scherzer, T.R., y Ekroll, V. (2012). Occlusion improves the interpolation of sampled motion. *Vision research*, 62, 17–25.
- Schmidt, R.A. (1975). A schema theory of discrete motor skill learning. *Psychological Review*, 82, 225–260.
- Schmidt, R.A. (1982). The schema concept. En Kelso, J.A.S. (Ed.), *Human motor behavior: an introduction* (pp. 219–238). Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates.
- Schmidt, R.A. (1988). *Motor Control and Learning*. Illinois: Human Kinetics.

- Schmidt, R.A. (2003). Motor schema theory after 27 years: Reflections and implications for a new theory. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 74(4) 366–375.
- Schmidt, R.A., y Lee, T. (1999). *Motor Control and Learning: A behavioral Emphasis (3rd. Ed.)*. Champaign, IL: Human kinetics.
- Schmidt, R.A., y Lee, T. (2005). *Motor control and learning*. (4<sup>a</sup> ed.). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Schmidt, R.A., y Young, D.E. (1991). Methodology for motor learning: a paradigm for kinematic feedback. *Journal of Motor Behavior*, 23(1), 13–24.
- Schmidt, R.C., Bienvenu, M., Fitzpatrick, P.A., y Amazeen, P.G. (1998). A comparison of intra- and interpersonal interlimb coordination: Coordination breakdowns and coupling strength. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 24(3), 884–900.
- Schoz, J.P., Kelso, J.A.S., y Schöner, G. (1987). Nonequilibrium phase transitions in coordinated biological motion: critical slowing down and switching time. *Physics Letters*, A123, 390–394.
- Schöllhorn, W.I. (2016). Invited commentary: Differential learning is different from contextual interference learning. *Human movement science*, 47, 240–245.
- Schönherr, T., y Schöllhorn, W.I. (2003). Diferencial learning in basketball. Schöllhorn, W.I., Bohn, C., Jäger, J.M., Schaper, H., y Alichmann, M. *European workshop on movement science- Mechanics, Physiology, Psychology Cologne*: Sport Buch Strauss.
- Schöner, G., y Kelso, J.A.S. (1988). A synergetic theory of environmentally-specified and learned patterns of movement coordination. I. Relative phase dynamics. *Biological Cybernetics*, 58, 7–80.
- Schöner, G., y Kelso, J.A.S. (1988). Dynamic patterns generation in behavioral an neural systems. *Science*, 239, 1513–1519.
- Schöner, G., Zanone, P.G., y Kelso, J.A.S. (1992). Learning as change of coordination dynamics: Theory and experiment. *Journal of Motor Behavior*, 24, 29–48.
- Shadmehr, R., Smith, M.A., y Krakauer, J.W. (2010). Error correction, sensory prediction, and adaptation in motor control. *Annu. Rev. Neurosci*, 33(1), 89–108. <http://dx.doi.org/10.1146/annurev-neuro-060909-153135>
- Shams, L., Kamitani, Y., y Shimojo, S. (2000). Illusions —What you see is what you hear. *Nature*, 408(6814), 788–788.

- Shams, L., Kamitani, Y., y Shimojo, S. (2002). Visual illusion induced by sound. *Cognitive Brain Research*, 14(1), 147–152.
- Shannon, C., y Weaver, W. (1949). *The mathematical theory of communication*. Urbana: University of Illinois Press.
- Shaw, R. (2001). Processes, acts, and experiences: Three stances on the problem of intentionality. *Ecological Psychology*, 13(4), 275–314.
- Shaw, R., y Turvey, M. (1999). Ecological foundations of cognition: II. Degrees of freedom and conserved quantities in animal-environment systems. *Journal of Consciousness Studies*, 6(11–12), 111–123.
- Shea, C.H., Wulf, G., Park, J-H, y Gaunt, B. (2001). Effects of an auditory model on the learning of relative and absolute timing. *Journal of Motor Behavior*, 33, 127–138.
- Sherrington, C.S. (1906). *The integrative action of the nervous system*. New Haven: Yale University Press.
- Sherwood, D.E., y Lee, T.D. (2003). Schema theory: critical review and implications for the role of cognition in a new theory of motor learning. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 74(4), 376–382.
- Shirley, M.M. (1931). *The first two years: A study of twenty five babies*. Minneapolis: University of Minnesota.
- Sidnell, R.G. (1986). Motor learning in music education. *Psychomusicolog*, 6(1–2), 7–18.
- Sigrist, R., Rauter, G., Riener, R., y Wolf, P. (2013). Augmented visual, auditory, haptic, and multimodal feedback in motor learning: a review. *Psychon. Bull. Rev.*, 20(1), 21–53. <http://dx.doi.org/10.3758/s13423-012-0333-8>
- Simonet, P. (1986). *Apprentissages moteurs. Processus et procédés d'acquisition*. París: Vigot.
- Sforza C., Turci M., Grassi G. P., Shirai Y. F., Pizzini G., y Ferrario, V. F. (2002). Repeatability of mae-geri-keage in traditional karate: a three-dimensional analysis with black-belt karateka. *Perceptual and Motor Skills*, 95(2), 433–44. doi:10.2466/pms.2002.95.2.433
- Small, W.S. (1900). Experimental study of the mental processes of the rat. II. *American Journal of Psychology*, 12, 206–239.
- Slutsky, D.A., y Recanzone, G.H. (2001). Temporal and spatial dependency of the ventriloquism effect. *Neuroreport*, 12(1), 7–10.

- Sofianidis, G., Hatzitaki, V., Grouios, G., Johannsen, L., y Wing, A. (2012). Somatosensory driven interpersonal synchrony during rhythmic sway. *Human Movement Science*, 31, 553–566. Doi: 10.1016/j.humov.2011.07.007
- Struiksma, M.E., Noordzij, M.L., y Postma, A. (2009). What is the link between language and spatial images? Behavioral and neural findings in blind and sighted individuals. *Acta Psychologica*, 132, 145–156. Doi: 10.1016/j.actpsy. 2009.04.002
- Spence, C., y Deroy, O. (2013). Crossmodal mental imagery. En S. Lacey y R. Lawson (Eds.), *Multisensory imagery* (pp. 157–183). New York: Springer.
- Spence, C., Parise, C.V., y Chen Y.C. (2012). The Colavita visual dominance effect. En Murray, M.T. y Wallace, M.M. (Eds.), *The neural bases of multisensory processes* (pp. 529–556). Boca Raton F.L. USA: CRC Press.
- Spence, C., Senkowski, D., y Röder, B. (2009). Crossmodal processing. *Experimental Brain Research*, 198(2–3), 107–111.
- Stavrinou, M.L., Moraru, L., Cimponeriu, L., Della Penna, S., y Bezerianos, A. (2007). Evaluation of cortical connectivity during real and imagined rhythmic finger tapping. *Brain Topography*, 19, 137–145. Doi: 10.1007/s10548-007-0020-7
- Stein, B.E., Stanford, T.R., Wallace, J.W.V., y Jiang, W. (2004). Crossmodal spatial interactions in subcortical and cortical circuits. En C. Spence, y J. Driver (Eds.), *Crossmodal space and crossmodal attention* (pp. 25–50). Oxford: Oxford university press.
- Stapp, N. (2009). Anticipation in feedback-delayed manual tracking of a chaotic oscillator. *Experimental Brain Research*, 198, 521–525.
- Stapp, N., y Turvey, M.T. (2010). On strong anticipation. *Cognitive Systems Research*, 11, 148–164.
- Sternad, D., Saltzman, E.L., y Turvey, M.T. (1998). Interlimb coupling in a simple serial behavior: a task dynamic approach. *Human Movement Science*, 17, 393–433.
- Sternad, D., Turvey, M.T., y Saltzman, E.L. (1999). Dynamics of 1:2 coordination: generalizing relative phase to n:m rhythms. *Journal of Motor Behavior*, 21( 3), 207–223
- Stiles, N., y Shimojo, S. (2014). *Sensory Substitution: A New Perceptual Experience*. Oxford Handbooks Online. Recuperado de <http://www.oxfordhandbooks.com/view/10.1093/oxfordhb/9780199686858.001.0001/oxfordhb-9780199686858-e-050>
- Stoffregen T.A., y Bardy B.G., (2001). On specification and the senses. *Behavioral and Brain Sciences*, 24, 195–261.

- Striem-Amit, E., Guendelman, M., y Amedi, A. (2012). "Visual" acuity of the congenitally blind using visual-to-auditory sensory substitution. *PLoS One*, 7(3), e33136. <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0033136>
- Swinnen, S.P. (1988). Post-performance activities and skill learning. En Meijer, O.G. y Roth, K. (Eds.), *Complex Movement Behavior: The Motor Action controversy* (pp. 315–338). North Holland: Elsevier Science Publishers.
- Swinnen, S.P., Lee, T.D., Verschueren, S., Serrien, D.J., y Bogaerds, H. (1997). Interlimb coordination: Learning and transfer under different feedback conditions. *Human Movement Science*, 16, 749–785.
- Szűcs, D., y Csépe, V. (2005). The parietal distance effect appears in both the congenitally blind and matched sighted controls in an acoustic number comparison task. *Neuroscience Letters*, 384, 11–16. Doi: 10.1016/j.neulet.2005.04.050
- Temprado, J.J., Monno, A., Zanone, P.G., y Kelso, J.A.S. (2002). Attentional demands reflect learning-induced alterations of bimanual coordination dynamics. *European Journal of Neuroscience*, 16, 1390–1394.
- Thelen, E., y Smith, L.B. (1998). *A dynamic systems approach to the development of cognition and action*. Cambridge: Bradford Book MIT Press.
- Thelen, E., Corbetta, D., y Spencer, J.P. (1996). Development of reaching during the first year: role of movement speed. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 22(5), 1059–1076.
- Thorn, B. (1998). *A composers guide-writing for the recorder*. Nueva York: Edición propia. Recuperado de <http://www.orpheusmusic.com.au/compguides.html>
- Thorndike, E.L. (1831). *Human Learning*. Appleton-Century.
- Thoroughman, K.A., y Shadmehr, R., (2000). Learning of action through adaptive combination of motor primitives. *Nature*, 407(6805), 742–747. [http:// dx.doi.org/10.1038/35037588](http://dx.doi.org/10.1038/35037588)
- Tinazzi, M., Frasson, E., Bertolasi, L., Fiaschi, A., y Aglioti, S. (1999). Temporal discrimination of somesthetic stimuli is impaired in dystonic patients. *NeuroReport*, 10(7), 1547–1550.
- Tinti, C., Adenzato, M., Tamietto, M., y Cornoldi, C. (2006). Visual experience is not necessary for efficient survey spatial cognition: Evidence from blindness. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 59, 1306–1328. Doi: 10.1080/17470210500214275



- Torrents Martín, C. (2005). *Teoría de los sistemas dinámicos y el entrenamiento deportivo*, La. Universidad de Barcelona.
- Traube, C. (2004). *An interdisciplinary study of the timbre of the classical guitar*. Tesis Doctoral inédita, McGill University, Montreal, Canadá.
- Tremblay, L., y Proteau, L. (1998). Specificity of practice: The case of powerlifting. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 69, 284–289.
- Turvey, M.T. (1996). Dynamic touch. *American Psychologist*, 51(11), 1134–1152.
- Turvey, M.T., y Shaw, R.E. (1995). Toward an ecological physics and a physical psychology. En R.L. Solso and D.W. Massaro (Eds.), *The Science of the Mind: 2001 and Beyond* (pp. 144–169). New York: Oxford University Press.
- Turvey, M.T., y Shaw, R.E. (1999). Ecological foundations of cognition: I. Symmetry and specificity of animal-environment systems. *Journal of Consciousness Studies*, 6(11–12), 95–110.
- Turvey, M.T., Shaw, R.E., y Mace, W. (1978). Issues in the theory of action: Degrees of freedom, coordinative structures and coalitions. En J. Requin (Ed.), *Attention and performance VII* (pp. 557–595) Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Van Donkelaar, P., Lee, J.H., y Drew, A.S. (2000). Transcranial magnetic stimulation disrupts eye–hand interactions in the posterior parietal cortex. *Journal of Neurophysiology*, 84(3), 1677–1680
- Van Vugt, F.T., y Tillmann, B. (2015). Auditory feedback in error-based learning of motor regularity. *Brain research*, 1606, 54–67. Doi: 10.1016/j.brainres.2015.02.026
- Van Vugt, F.T., Jabusch, H.-C., y Altenmüller, E. (2012). Fingers phrase music differently: trial-to-trial variability in piano scale playing and auditory perception reveal motor chunking. *Front. Auditory Cognit. Neurosci.*, 3, 495. <http://dx.doi.org/10.3389/fpsyg.2012.00495>
- Van Vugt, F.T., Jabusch, H.-C., y Altenmüller, E., (2013). Individuality that is unheard of: systematic temporal deviations in scale playing leave an inaudible pianistic fingerprint. *Front. Cogn. Sci.*, 4, 134. <http://dx.doi.org/10.3389/fpsyg.2013.00134>
- Van der Burg, E., Olivers, C.N.L., Bronkhorst, A. W., y Theeuwes, J. (2008). Pip and pop: Nonspatial auditory signals improve spatial visual search. *Journal of Experimental Psychology-Human Perception and Performance*, 34(5), 1053–1065.
- Varlet, M., Bucci, C., Richardson, M.J., y Schmidt, R.C. (2015). Informational constraints on spontaneous visuomotor entrainment. *Human movement science*, 41, 265–281.

- Vereijken, B., y Bongaardt, R. (1999). Complex motor skill acquisition. En Vanden Auweele Y., Bakker F., Biddle S., Durand M., y Seiler R. (Eds.), *Psychology for physical educator* (pp. 233–256). Champaign: Human Kinetics.
- Vereijken, B., van Emmerik, R.E.A., Whiting, H.T.A. y Newell, K.M., (1992). Free(z)ing degrees of freedom in skill acquisition. *Journal of Motor Behavior*, 24, 133–142.
- Vereijken, B., y Whiting, H.T.A. (1990). In defense of discovery learning. *Canadian Journal of Sport Science*, 15(2), 99–106.
- Verge, M.P., Hirschberg, A., y Caussé, R. (1997). Sound production in recorderlike instruments. II. A simulation model. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 101(5), 2925–2939.
- Volpe, B.T., Ledoux, J.E., y Gazzaniga, M.S. (1979). Spatially oriented movements in the absence of proprioception. *Neurology*, 29(9), 1309–1313.
- Von Kriegstein, K., Kleinschmidt, A., Sterzer, P., y Geraud, A.L. (2005). Interaction of face and voice areas during speaker recognition. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 17, 367–376.
- Wade, N.J. (2001). Abolition of the senses. *Behavioral and Brain Sciences*, 24(2), 243–244. Recuperado de <http://search.proquest.com/docview/212291227?accountid=14542>
- Wagner, C. (1971). The influence of the tempo of playing on the rhythmic structure studied at pianist's playing scales. En Vredenbregt, J., Wartenweiler, J. (Eds.), *Medicine and Sport*, Vol. 6, *Biomechanics II* (pp. 129–132). Baltimore: University Park Press.
- Walter, C.B., Swinnen, S.P., y Franz, E.A. (1993). Stability of symmetric and asymmetric discrete bimanual actions. K.M. Newell, y D.M. Corcos *Variability and motor control*. Champaign, IL: Human Kinetics
- Wallace, S. (1997). Dynamic Pattern Perspective of Rhythmic Movement: A Tutorial. En H.N. Zelaznik, (Ed.), *Advances in Motor Learning and Control* (155–193). Illinois: Human Kinetics.
- Wallach, H. (1935). Über visuell wahrgenommene Bewegungsrichtung. *Psychologische Forschung*, 20, 325–380.
- Warren, W.H. (1990). The perception-action coupling. En H. Bloch and B. Bertenthal (Eds.), *Sensory-motor organizations and development in infancy and early childhood* (pp. 23–37). Amsterdam: KAP.

- Watson, J.B. (1907). Kinaesthetic and organic sensations: Their role in the reactions of the white rat to the maze. *The Psychological Review: Monograph Supplements*, 8(2), 43–100.
- Weaver, W. (1974). Las matemáticas de la comunicación. R. Carnap, y Morgenstern. *Matemáticas en las ciencias del comportamiento*. Madrid: Alianza Universidad.
- Wearden, J.H., Edwards, H., Fakhri, M., y Percival, A. (1998). Why 'sounds are judged longer than lights': application of a model of the internal clock in humans. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 51, 97–120.
- Weeks, R., Horwitz, B., Aziz-Sultan, A., Tian, B., Wessinger, C.M., Cohen, L.G., . . . Rauschecker, J.P. (2000). A positron emission tomographic study of auditory localization in the congenitally blind. *The Journal of Neuroscience*, 20, 2664–2672.
- Welford, A.T. (1952). The psychological refractory period and the timing of high speed performance. A review and a theory. *British Journal of Psychology*, 43, 2–19.
- West, J. (1967). Vision and kinesthesia in the acquisition of type-writing skill. *Journal of Applied Psychology*, 51, 161–166.
- Whiting, H.T.A., Savelsbergh, G.J.P., y Pijpers, J.R. (1995). Specificity of Motor Learning does not deny flexibility. *Applied Psychology: An International Review*, 44, 315–332.
- Whiting, H.T.A., Vogt, S., y Vereijken, B. (1992). Human skill and motor control: some aspects of the motor control-motor learning relation. En J.J. Summers (Ed.), *Approaches to the Study of Motor Control and Learning* (pp. 81–111). Amsterdam: North Holland.
- Wiener, N. (1961). *Cybernetics*. USA: Massachusetts Institute of Technology.
- Wimmers, R.H., Beek, P.J., y van Wieringen, P.C.W. (1992). Phase transitions in rhythmic tracking movements: A case of unilateral coupling. *Human Movement Science*, 11, 217–226.
- Wing, A.M., Dumas, M., y Welchman, A.E. (2010). Combining multi-sensory temporal information for movement synchronisation. *Experimental Brain Research*, 200, 277–282.
- Wing, A.M., y Kristofferson, A.B. (1973). The timing of interresponse intervals. *Perception & Psychophysics*, 13(3), 455–460.
- Williams, A.M., Davids, K., y Williams, J.G. (1999). *Visual perception and action in sport*. London: Routledge.

- Wolbers, T., Klatzky, R.L., Loomis, J.M., Wutte, M.G., y Giudice, N.A. (2011). Modality-independent coding of spatial layout in the human brain. *Current Biology*, 21, 984–989. Doi: 10.1016/j.cub.2011.04.038
- Wood, C.A., Gallagher, J.D., Martino, P.V., y Ross, M. (1992). Alternate forms of knowledge of results: interaction of augmented feedback modality on learning. *Journal of Human Movement Studies*, 22, 213–230.
- Woodworth, R.S. (1899). The accuracy of voluntary movement. *Psychological Review Monographs*, 3, 1–114.
- Wu, Y. (2008). *Affordances of external representations in instructional design: The effect of narrative and imagery in learning*. Tesis Doctoral, University of North Texas, USA.
- Wulf, G., McNevin, N.H., Fuchs, T., Ritter, F., y Toole, T. (2000). Attentional focus in complex motor skill learning. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 71, 229–239.
- Wulf, G., y Schmidt, R.A. (1989). The learning of generalized motor programs: reducing the relative frequency of knowledge of results enhances memory. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 15(4), 748–757.
- Wulf, G., y Schmidt, R.A. (1996). Average KR degrades parameter learning. *Journal of motor behavior*, 28(4), 371–381.
- Wulf, G., Schmidt, R.A., y Deubel, H. (1993). Reduced feedback frequency enhances generalized motor program learning but not parametrization learning. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 19 (5), 1134–1150.
- Wulf, G., Shea, C.H., y Park, J.H. (2001). Attentional and motor performance: preferences for and advantages of an external focus. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 72(4), 335–344.
- Yantis, S. (1995). Perceived continuity of occluded visual objects. *Psychological Science*, 6, 182–186.
- Young, D.E. y Schmidt, R.A. (1999). *Specific v. generalized learning in discrete actions*. Unpublished data. Los Angeles, CA: Exponent, Inc.
- Zamacois, J. (1982). *Teoría de la Música. Libro II*. Barcelona: Labor.
- Zanone, P.G. (2003). A dynamic model of learning: stability, symmetry, and attention. Schöllhorn, W.I., Bohn, C., Jäger, J.M., Schaper, H., y Alichmann, M. *European Workshop on Movement Science. Mechanics, Physiology, Psychology* Köln: Sport Buch Strauss.

- Zatorre, R.J., Belin, P., y Penhune, V.B. (2002). Structure and function of auditory cortex: Music and speech. *Trends in Cognitive Sciences*, 6, 37–46.
- Zivotofsky, A.Z., Gruendlinger, L., y Hausdorff, J.M. (2012). Modality-specific communication enabling gait synchronization. During over-ground side-by-side walking. *Human Movement Science*, 31, 1268–1285. Doi: 10.1016/j.humov. 2012. 01.003
- Zivotofsky, A.Z., y Hausdorff, J.M. (2007). The sensory feedback mechanisms enabling couples to walk synchronously: An initial investigation. *Journal of Neuroengineering and Rehabilitation*, 4, 28. Doi: 10.1186/1743-0003-4-28
- Zubiaur, M. (1992). El conocimiento de los resultados: logros y perspectivas. *Jornadas castellano leonesas de Psicología del deporte*. León.
- Zubiaur, M. (1998). El Conocimiento de la Ejecución. *Revista Motricidad*, 4, 97–111.



# ANEXOS

---

Anexo I: Permiso de padres y tutores legales

Anexo II: Cuestionario 1







## UNIVERSIDAD DE GRANADA



**DEPARTAMENTO DE DIDÁCTICA DE LA EXPRESIÓN MUSICAL, PLÁSTICA Y CORPORAL (ÁREA DE DIDÁCTICA DE LA EXPRESIÓN CORPORAL)**

**FACULTAD DE EDUCACIÓN Y HUMANIDADES (CAMPUS DE MELILLA)**

Tlfnº: 952698739 Fax :95/ 2691170 E-MAIL:jgranda@ugr.es  
Ctra. Alfonso XIII s/ n. 52005 (Melilla)

Estimados Padres:

El motivo de esta carta es poner en vuestro conocimiento que durante los meses se va a llevar a cabo un estudio que tiene como objetivo conocer los mejores métodos para enseñar a tocar la flauta en alumnos de ESO. Dicho estudio se enmarca dentro de un proyecto mayor que se está llevando a cabo en nuestra ciudad para mejorar el aprendizaje de la técnica de la instrumentación musical.

La participación de vuestro/a hijo/a es absolutamente voluntaria, se desarrollará en horario lectivo de mañana, no obstante si el programa lo requiere deberá de acudir alguna tarde, aunque queda pendiente por confirmar, aún así se les notificara con antelación para su conocimiento.

Para la valoración de los diferentes métodos de enseñanza, se procederá a grabar la interpretación de su vuestro/a hijo/a en audio y vídeo (solamente la parte de las manos para valorar la acción de los dedos y en ningún caso se grabará su cara), dejar claro que estos datos que se recogan serán de carácter confidencial y en ningún caso se dará publicidad del nombre de los alumnos participantes en este estudio.

Al ser su hijo/a menor de edad, solicitamos vuestra autorización, para que voluntariamente acepte participar en este trabajo, que redundará en un mejor conocimiento de cómo ayudar a los estudiantes a aprender e interpretar las melodías musicales con la flauta.

Agradeciendo su interés y colaboración, atentamente

Melilla, 15 de Octubre de 2012

Fdo.: Marcos Lozano Chacón  
Profesor de Música del IES "Leopoldo Queipo"

Fdo.: Juan Granda Vera  
Profesor de la Facultad de Educación

(Recortar y devolver al Prof. D. Marcos Lozano Chacón con los datos solicitados)

D/Dña. \_\_\_\_\_,

Padre/Madre del alumno/a \_\_\_\_\_,

\_\_\_\_\_, del curso \_\_\_\_\_

autoriza a su hijo/a a participar en el estudio sobre la enseñanza de la flauta, a llevar a cabo en el IES "Leopoldo Queipo", durante el curso 2012-13.

Melilla, 15 de Octubre de 2012



Melilla, 23 de junio de 2015

## CUESTIONARIO 1

Estimado compañero: Dado tu elevado nivel de conocimiento y extensa experiencia en la enseñanza de la interpretación de la flauta dulce, solicitamos tu colaboración como experto para la determinación de los niveles de calidad sonora de la misma pieza musical, informándote que tus respuestas son de carácter confidencial y anónimo y tu aportación muy relevante para alcanzar los fines de la presente investigación. Para realizar este cuestionario tomamos una parte del trabajo de investigación realizado por Linortner (2001), donde ha explorado cuales son los adjetivos más utilizados para describir el timbre de la flauta. La descripción de los adjetivos la tomamos de Traube (2004). Dichos adjetivos son brillante y oscuro.

Muchas gracias por tu ayuda y un cordial saludo

1. ¿Cuántos años tienes de experiencia enseñando música?

2. Valora la definición de estos dos adjetivos **BRILLANTE** u **OSCURO** con una escala de 1 a 10 y añade alguna observación si lo crees conveniente.

### 1. BRILLANTE:

**Descripción del sonido (señala tu grado de acuerdo con esta definición);** Es un sonido limpio, puro y luminoso, muy presente y resonante que no muere rápidamente. Es un timbre adecuado para pasajes rápidos y recuerda al sonido penetrante de un pájaro que puede escucharse desde lejos.

**Observaciones que puede añadir para completar esta definición:**

**Grado de acuerdo:**

<b>CON LA DEFINICIÓN BRILLANTE</b>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	→
------------------------------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	---

1 => nada de acuerdo 10=> muy de acuerdo

## 2. OSCURO:

**Descripción del sonido (señala tu grado de acuerdo con esta definición);** Es un sonido opaco, mate, profundo, hueco y aterciopelado. No es agresivo y posee muchos armónicos bajos. Es más bien suave y refiere una atmósfera pesada de una composición.

**Observaciones que puede añadir para completar esta definición:**

**Grado de acuerdo:**

<b>CON LA DEFINICIÓN OSCURO</b>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	→
---------------------------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	---

1 => nada de acuerdo 10=> muy de acuerdo

3. Escuche con auriculares los 5 audios siguientes de flauta dulce. Tomando como referencia las definiciones BRILLANTE y OSCURO; calificaremos de 1 a 10 cada uno de los audios.

**NOTA IMPORTANTE PARA EL EXPERTO:** Sólo evaluar el grado de brillantez u oscuridad, no evaluar errores de nota, ni errores de pérdida de ritmo, ni notas mal pulsadas, etc. Muchas gracias por tu labor.

### AUDIO 1.

<b>BRILLANTE</b>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	→
------------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	---

1 => nada brillante

10=> muy brillante

<b>OSCURO</b>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	→
---------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	---

1 => nada oscuro

10=> muy oscuro

**AUDIO 2.**

<b>BRILLANTE</b>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	➔
------------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	---

1 => nada brillante

10=> muy brillante

<b>OSCURO</b>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	➔
---------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	---

1 => nada oscuro

10=> muy oscuro

**AUDIO 3.**

<b>BRILLANTE</b>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	➔
------------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	---

1 => nada brillante

10=> muy brillante

<b>OSCURO</b>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	➔
---------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	---

1 => nada oscuro

10=> muy oscuro

**AUDIO 4.**

<b>BRILLANTE</b>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	➔
------------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	---

1 => nada brillante

10=> muy brillante

<b>OSCURO</b>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	➔
---------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	---

1 => nada oscuro

10=> muy oscuro

**AUDIO 5.**

<b>BRILLANTE</b>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	➔
------------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	---

1 => nada brillante

10=> muy brillante

<b>OSCURO</b>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	➔
---------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	---

1 => nada oscuro

10=> muy oscuro

