



## ANÁLISIS DEL EFECTO DE DISTINTAS MODALIDADES DE RETROALIMENTACIÓN EN EL DESEMPEÑO DE INTERFACES CEREBRO-COMPUTADORA

I. N. Angulo-Sherman<sup>a</sup>, D. Gutiérrez<sup>a</sup>,

<sup>a</sup>Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN,  
Unidad Monterrey, Apodaca, N. L.,  
iangulo@cinvestav.mx, dgtz@ieee.org

### RESUMEN:

Una interfaz cerebro-computadora (ICC) es un sistema que traduce las intenciones de un individuo en instrucciones para controlar algún dispositivo empleando únicamente sus señales cerebrales. Entre sus aplicaciones destaca el contribuir a establecer un canal de comunicación para aquellas personas parapléjicas o cuadripléjicas, al permitirles el control de un dispositivo externo usando sólo sus pensamientos. La ICC puede proveer retroalimentación que le indica al usuario si el dispositivo controlado realiza lo que desea y que, además, le ayuda a entrenar la modulación de sus señales cerebrales para alcanzar un control óptimo. La retroalimentación visual se espera que contribuya más al aprendizaje que otros tipos de retroalimentación. Sin embargo, hay aplicaciones en las que se dificulta su uso, por lo que es necesario encontrar alternativas, como son la retroalimentación audible y vibrotáctil. En este trabajo se busca hacer una comparación entre distintos tipos de retroalimentación, para lo cual se evalúa a lo largo de varias sesiones el desempeño de una ICC empleando estimulación audible o vibrotáctil como retroalimentación continua en modalidad positiva o negativa. La primera consiste en dar un estímulo cuando se hace una tarea correctamente y la segunda cuando se comete algún error. El desempeño de ambos esquemas se compara contra el alcanzado empleando retroalimentación visual. Los resultados indican que la mejor retroalimentación para una ICC depende del sujeto y que para la cuarta sesión ya se puede determinar si alguna modalidad de retroalimentación favorece al aprendizaje del usuario.

### 1. INTRODUCCIÓN

Una interfaz cerebro-computadora (ICC) es un sistema que permite establecer un canal de comunicación entre el cerebro y una computadora o un dispositivo usando únicamente señales cerebrales [1,2]. Entre sus aplicaciones destaca el permitirles el control de un dispositivo externo a aquellas personas parapléjicas o cuadripléjicas usando sólo sus pensamientos.

Para utilizar una ICC, los operadores necesitan aprender a modular intencionalmente sus señales cerebrales a fin de usar dicha modulación como un comando de control. Por ejemplo, la imaginación de algún movimiento es un paradigma frecuente en las ICCs en el que se observa típicamente un decremento del potencial eléctrico medido con el electroencefalograma (EEG) en las bandas de frecuencia  $\mu$  (10-14 Hz) y  $\beta$  (20-30 Hz). La detección de dicho decremento se emplea para inferir cuál es la intención del sujeto, por lo que la persona debe ser capaz de modificar sus señales para manejar mejor la ICC [3]. La ICC, por su parte, puede brindarle retroalimentación al usuario, es decir, presentarle estímulos sensoriales que le den información al operador sobre cómo interpreta la ICC las instrucciones que se le otorgan.

Como en cualquier otra forma de adquisición de conocimiento, la retroalimentación es un aspecto central en el proceso porque proporciona una asociación directa entre una acción y su consecuencia deseable o indeseable [4]. Aunque se ha determinado su importancia, se conoce poco sobre cómo debe ser diseñada en el contexto de las ICCs [1, 3, 5]. Es por ello que existe interés en monitorear y evaluar la respuesta a la retroalimentación.



En particular, se sabe que las retroalimentaciones positiva y negativa producen distintas señales cerebrales cuya detección puede ser incorporada en las ICCs [4]. En [6] se empleó un paradigma de movimiento imaginado en donde se proporcionó retroalimentación visual manipulada sin que los sujetos se dieran cuenta. La manipulación consistía en indicar a unas personas que se equivocaban en el 70% de unas pruebas y a otras en un 20%, independientemente de su desempeño real. Tras analizar las señales, se encontraron mayores efectos de aprendizaje al emplear retroalimentación visual negativa que con la positiva.

Un aspecto importante es la modalidad sensorial seleccionada para proveer la retroalimentación. Cabe mencionar que las ICCs basadas en la modalidad visual son las más utilizadas dado a que corresponden a la entrada sensorial que produce mayores mejoras en el aprendizaje. Sin embargo, hay aplicaciones en las que se complica su uso. En este caso, el uso de modalidades alternas como la auditiva o la táctil pueden ser una solución e incluso existen estudios [1, 4, 7] en los que se observa que estas modalidades arrojan resultados alentadores.

En este trabajo, se busca hacer una comparación en los niveles de control alcanzados empleando el modelo clásico de retroalimentación visual contra los alcanzados con retroalimentación positiva y negativa en las modalidades audible y vibrotáctil.

## 2. DISEÑO EXPERIMENTAL

Se entrenaron a 6 voluntarios para manejar una ICC controlada por medio de la imaginación de movimiento. Los registros de EEG se tomaron con el equipo B-Alert [8], mientras que sus análisis y la implementación de los paradigmas experimentales se realizaron con el programa BC12000 [9], modificando el código fuente para que brindara las modalidades de retroalimentación deseadas. La dinámica de la ICC se describe en la Figura 1 para el caso de la retroalimentación visual. Para generar la retroalimentación audible se ocultó el cursor y se generaron dos bloques experimentales. En el primero se escuchaba un sonido de 300Hz cuando la pelota se acercaba al objetivo (retroalimentación positiva) y en el segundo se daba el estímulo cuando se alejaba (retroalimentación negativa). Para dar retroalimentación vibrotáctil se empleó el programa de retroalimentación audible, con la salida de audio alimentando a dos vibradores colocados simétricamente a ambos lados de la base del cuello.

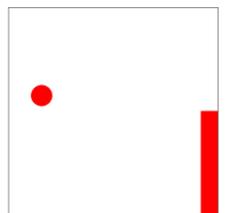


Figura 1. El usuario intenta controlar el desplazamiento vertical del cursor circular, mientras éste se mueve a velocidad constante de izquierda a derecha. El movimiento hacia arriba se produce ante la detección de una condición (un movimiento imaginado), mientras que la bajada se produce cuando se ha detectado otra condición (de reposo). Si el cursor golpea al objetivo, éste cambia a color amarillo.

Inicialmente, se calcularon los parámetros personalizados en 2-5 sesiones para cada sujeto. Lo anterior consistía en determinar el movimiento imaginado (mano derecha, mano izquierda, ambas manos o pies), los canales de EEG y frecuencias específicas en las que se apreciara mejor la actividad de la banda  $\mu$  o uno de sus armónicos. Con esos canales se construyó en cada sesión al menos un filtro Laplaciano que funcionaba a la frecuencia seleccionada dentro de la banda  $\mu$ . Se evaluaron en 3-7 corridas por sesión el total de los



filtros, donde cada corrida se conformaba por 32 pruebas como las de la Figura 1. La valoración se medía en términos de eficacia, es decir, el porcentaje de objetivos golpeados o aciertos para cada corrida.

Al terminar las sesiones de cálculo de parámetros, se seleccionó para cada voluntario el filtro con el que se obtuviera una mayor eficacia y que se repitiera más a lo largo de las sesiones para emplearlo por el resto del estudio.

Los sujetos operaron la ICC inicialmente con un tipo de retroalimentación y, tras dominar la tarea o hasta que su eficacia se estabilizara con un máximo de 7 sesiones (con el filtro seleccionado), se cambió a otra modalidad de retroalimentación. Se realizaron pruebas ANOVA a cada sesión para verificar la presencia de cambios estadísticamente significativos que indicaran si el sujeto mejoró su nivel de control con la retroalimentación. Finalmente, se hicieron pruebas ANOVA para ver si alguna modalidad tenía una eficacia mayor. También se realizaron pruebas de comparaciones múltiples para determinar de manera definida en dónde se encontraban las diferencias de eficacia entre sesiones o entre modalidades de retroalimentación. Si no se cumplía con el criterio de homogeneidad de varianzas, se empleó el ANOVA de Welch en lugar del ANOVA tradicional.

Los sujetos 1 y 2 iniciaron con retroalimentación visual (V) y siguieron con audible positiva (AP). Los sujetos 3 y 4 iniciaron con retroalimentación audible positiva y pasaron después a visual. Los sujetos 5 y 6 empezaron con retroalimentación audible negativa (AN) y terminaron con visual. Adicionalmente, se realizaron pruebas para los sujetos 1, 2 y 4 con retroalimentación audible negativa, vibrotáctil negativa (TN) y vibrotáctil positiva (TP), respectivamente.

### 3. RESULTADOS

En la Tabla 1 se listan los canales de control con los que se elaboraron los filtros espaciales, basados en el filtro Laplaciano, además de las frecuencias seleccionadas. Cabe mencionar que, para todos los sujetos, al menos uno de los canales de control se encuentra sobre la corteza motosensorial.

Sujeto	Movimiento imaginado	Canales y frecuencias de control
1,3	Mano derecha	C3 (9 Hz)
2	Mano izquierda	C4 (15 Hz), P3 (18 Hz)
4	Ambas manos	C3 (15 Hz), C4 (18 Hz)
5	Mano derecha	C3 (23 Hz)
6	Mano derecha	C3 (11 Hz)

Tabla 1. Movimiento imaginado con el cual cada sujeto puede operar la BCI, además de los canales y frecuencias de control con los que se elaboraron los filtros personalizados.

El porcentaje de aciertos del sujeto 1 puede observarse en la Figura 2a, donde se observa que el sujeto presentó habilidad para controlar la interfaz, tanto con V ( $86.77 \pm 6.55\%$ , promedio  $\pm$  desviación estándar) como con AP ( $85.94 \pm 8.29.55\%$ ), sin encontrar una diferencia estadísticamente significativa en el porcentaje de aciertos promedio. Debido al alto porcentaje de aciertos, se decidió someter al sujeto a pruebas con AN para comprobar si el dominio con la interfaz permanecía. Sin embargo, se observó un decremento en la eficacia ( $71.82 \pm 15.12\%$ ). El ANOVA reveló una eficacia distinta entre las tres modalidades, mientras que la prueba de comparaciones múltiples evidenció el pobre desempeño alcanzado con AN en comparación con las otras dos (ver Tabla 2). En la tabla se encuentran también los resultados de las pruebas ANOVA y de comparaciones múltiples para evaluar el cambio en la eficacia a lo largo de las sesiones para cada modalidad de retroalimentación. En el caso de V, el sujeto comenzó con un nivel de control considerable y se mantuvo a lo largo de las sesiones. Con AP el



porcentaje de aciertos fue menor en la primera sesión que en la mayoría de las subsecuentes, lo cual sugiere adaptación del usuario a la retroalimentación. Por otro lado, con AN se observa en las comparaciones múltiples que, para aquellas sesiones entre las que se encuentra una diferencia estadísticamente significativa, las sesiones con menor eficacia anteceden a las de mayor eficacia.

La eficacia a lo largo de las sesiones para el sujeto 2 se ilustra en la Figura 2b. Con V el sujeto alcanzó en promedio cierto control ( $72.76 \pm 11.04\%$ ) y conforme avanzaron las sesiones no se encontró ningún cambio estadísticamente significativo ( $p=0.835$ ). La falta de cambio a lo largo de las sesiones se repitió al emplear AP ( $p=0.516$ ) y TN ( $p=0.88$ ). Aún así, existe una diferencia estadísticamente significativa entre el valor promedio de las 3 modalidades de retroalimentación, como puede observarse en la Tabla 2. La prueba de comparación múltiple denotó que el porcentaje de aciertos es significativamente mayor para V que para AP ( $56.71 \pm 9.17\%$ ) y TN ( $62.18 \pm 10.12\%$ ), siendo que para estas retroalimentaciones no se alcanza un nivel adecuado de control.

La eficacia promedio del sujeto 3 (Figura 2c) muestra que para V el sujeto alcanzó un nivel bajo de control ( $59.00 \pm 9.07\%$ ) y conforme se realizaron las sesiones se apreció un aparente cambio desfavorable. La prueba ANOVA detectó un efecto del número de sesión en el desempeño, mientras que las comparaciones múltiples revelaron que la media de la tercera sesión es mayor a la de la sexta, como se puede ver en la Tabla 2, indicando que no existen mejoras conforme avanza el tiempo. En la etapa de AP no se detectó ninguna alteración significativa en la eficacia promedio ( $64.72 \pm 8.10\%$ ) debido al número de sesión. Pese a la carencia de efectos temporales favorables para ambas retroalimentaciones, existió una diferencia ( $p=0.003$ ) en la eficacia promedio entre las dos modalidades. La prueba de comparaciones múltiples indicó que la AP tiene un mejor desempeño que V.

El porcentaje de aciertos promedio logrado por el usuario 4 se presenta en la Figura 2d. Se decidió valorar para este sujeto la retroalimentación vibrotáctil debido a que el sujeto no alcanzó un nivel de control suficiente con V ( $53.45 \pm 8.37\%$ ) ni AP ( $49.62 \pm 6.53\%$ ), considerando que la probabilidad de acertar por azar es de 50%. Sin embargo, la eficacia promedio con TP ( $52.61 \pm 7.86\%$ ) también ronda el nivel del azar. El ANOVA reveló que no existe una diferencia estadísticamente significativa entre los tres tipos de retroalimentación, e incluso tampoco hay un cambio al comparar las distintas sesiones de cada modalidad.

El sujeto 5 alcanzó en promedio para todas las sesiones  $69.08 \pm 16.71\%$  con V y  $52.45 \pm 9.86\%$  con AN. Las pruebas ANOVA indicaron que la eficacia de V era mayor de manera estadísticamente significativa, como puede observarse también en la Figura 2e; además, se encontró un efecto del número de sesión en la eficacia de V, contrario al caso de AN. Las comparaciones múltiples detallaron que la cuarta ( $81.00 \pm 6.71\%$ ) y quinta ( $87.43 \pm 4.72\%$ ) sesión de V tuvieron una eficacia mayor que la primera ( $54.86 \pm 9.48\%$ ) y segunda ( $54.86 \pm 6.62\%$ ) sesión, lo que indica que aumentó el porcentaje de aciertos a lo largo de las sesiones. En este último análisis se omitieron los resultados de la sexta sesión debido a que sus dos datos tenían una varianza de cero, pero en esa sesión el sujeto obtuvo un promedio de 90%, lo cual es un porcentaje de aciertos suficiente para controlar la ICC.

La eficacia promedio del sujeto 6 para V y AN aparecen en la Figura 2f, donde no se observan cambios evidentes al transcurrir las sesiones para V, pero en el caso de AN se sugiere una ligera tendencia a aumentar el desempeño con el paso de las sesiones. El ANOVA corroboró que no hay un cambio estadísticamente significativo en V, pero sí en AN. En concreto, la tercera, cuarta y sexta sesión tienen un porcentaje de aciertos mayor que la segunda sesión, de acuerdo a la prueba de comparaciones múltiples. Lo anterior insinúa un aumento en la eficacia con el tiempo. El ANOVA para comparar ambas modalidades indicó que no hay una diferencia estadísticamente significativa en el desempeño de V ( $64.38 \pm 8.14\%$ ) y AN ( $63.78 \pm 15.54\%$ ).

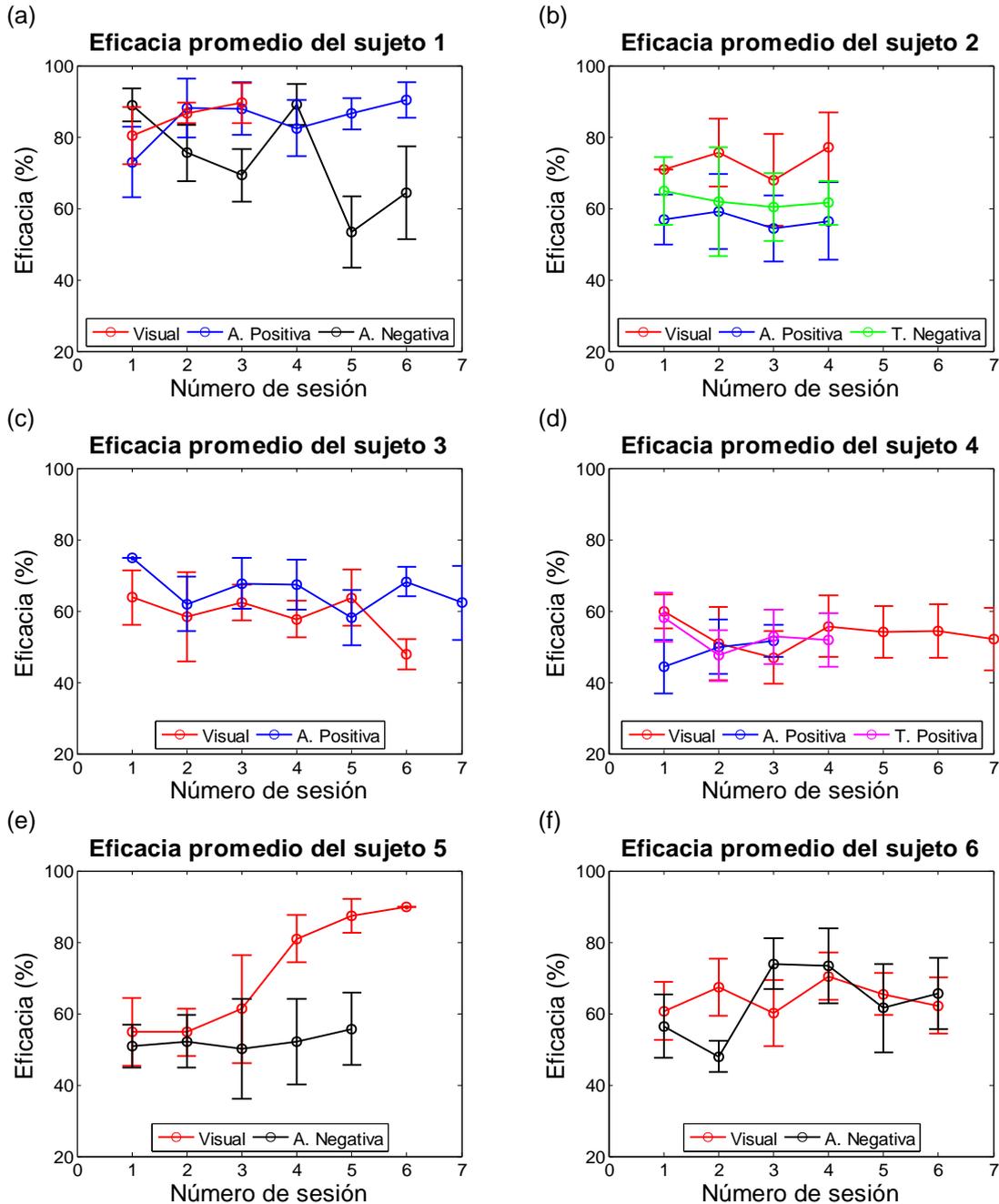


Figura 2. Porcentaje de aciertos promedio alcanzado por el (a) sujeto 1, (b) sujeto 2, (c) sujeto 3, (d) sujeto 4, (e) sujeto 5 y (f) sujeto 6 a lo largo de varias sesiones empleando retroalimentación visual (rojo), audible positiva (azul), audible negativa (negro), vibrotáctil positiva (magenta) y vibrotáctil negativa (verde).



# IV CONGRESO NACIONAL DE TECNOLOGÍA APLICADA A CIENCIAS DE LA SALUD

"Generación de Nuevas Técnicas de Diagnóstico y Tratamiento"

6, 7 y 8 de Junio de 2013, Tonantzintla, Cholula, Puebla



Sujeto	Factor	Tipos	F	Valor p	Comparación múltiple*
1	Retroalimentación	V,AP,AN	14.25(2)	2.02e-5	V,AP>AN
	Sesión (V)	1-3	2.67(1)	0.117	
	Sesión (AP)	1-6	3.74(1)	0.009	2,3,5,6>1
	Sesión (AN)	1-6	14.91(1)	1.1431e-7	1>3,5,6; 2,3,4>5; 4>6
2	Retroalimentación	V, AP, TN	13.68(1)	9.679e-6	V>AP,TN
	Sesión (V)	1-4	0.8(1)	0.516	
	Sesión (AP)	1-4	0.29(1)	0.835	
	Sesión (TN)	1-4	0.22(1)	0.880	
3	Retroalimentación	V, AP	9.06(1)	0.003	AP>V
	Sesión (V)	1-6	8.84(2)	3.07e-4	3>6
	Sesión (AP)	1-7	1.97(1)	0.098	
4	Retroalimentación	V, AP, TP	1.4(1)	0.252	
	Sesión (V)	1-7	1.79(1)	0.126	
	Sesión (AP)	1-3	1.37(1)	0.288	
	Sesión (TP)	1-4	2.49(1)	0.084	
5	Retroalimentación	V, AN	25.37(2)	4.622e-6	V>AN
	Sesión (V)	1-6	34.34(2)	2.820e-7	4,5>1,2
	Sesión (AN)	1-5	0.26(1)	0.899	
6	Retroalimentación	V,AN	0.06(2)	0.805	
	Sesión (V)	1-6	1.97(1)	0.106	
	Sesión (AN)	1-6	5.91(1)	6.455e-4	

Tabla 2. Resultados de las pruebas ANOVA y de comparaciones múltiples. En la primera columna se listan a los sujetos. En la segunda columna se muestra la variable cuyo efecto en la eficacia se evalúa. En la tercera columna aparecen las categorías que se quieren comparar. En la cuarta y quinta columna se encuentran los valores de significancia estadística F y P, respectivamente, que resultan del ANOVA. En la última columna se observan el conjunto de clases que estadísticamente tienen una eficacia mayor ( $p < 0.05$ ) que otro grupo. (1) ANOVA de un factor, (2) ANOVA de Welch, \* $p < 0.05$ , (V) Visual, (AP) Audible positiva, (AN) Audible negativa, (TP) Vibrotáctil positiva, (TN) Vibrotáctil negativa.

Sujeto	Factor	Tipos	F	Valor p	Comparación múltiple *
1	Sesión (AP)	1-4	3.57(1)	0.035	2,3>1
		1-5	3.38(1)	0.025	2,3>1
		1-6	3.74(1)	0.009	2,3,5,6>1
5	Sesión (V)	1-4	10.58(1)	1.272e-4	4>1,2,3
		1-5	34.34(2)	2.820e-7	4,5>1,2
6	Sesión (AN)	1-4	12.82(1)	1.013e-4	3,4>1,2
		1-5	7.46(1)	4.721e-4	4>1; 3,4>2
		1-6	5.91(1)	6.455e-4	3,4,6>2

Tabla 3. Resultados de las pruebas ANOVA y de comparaciones múltiples analizando de 4 sesiones en delante en los casos donde se observó aprendizaje con la retroalimentación.



En base a los resultados previos, es posible concluir de manera preliminar que no hay un tipo de retroalimentación que funcione con todos los sujetos, sino que la modalidad que funciona mejor depende del usuario, lo que lleva a pensar que su selección debe ser personalizada. Además, esta retroalimentación puede o no contribuir al aprendizaje del usuario para controlar la ICC. Considerando lo anterior, surge la necesidad de conocer cuántas sesiones son suficientes para determinar cuál es la modalidad óptima. Para contestar esta pregunta puede usarse la misma metodología empleada para decidir cuándo dejar de realizar experimentos antes de llegar al número máximo de sesiones: detener las pruebas si se estabiliza la eficacia o si hay un cambio estadísticamente significativo (en este caso, favorable y sostenido en relación a las sesiones previas). Se establece un mínimo de cuatro sesiones para tener suficiente información para comparar.

En la Tabla 3 se muestran las pruebas que se efectuaron cada vez que se realizó una sesión para determinar la presencia de una diferencia estadísticamente significativa a partir de la cuarta sesión para los sujetos en los cuales se observó un cambio favorable. En el caso del sujeto 1, el ANOVA ya detecta un cambio estadísticamente significativo en el intervalo de las sesiones 1-4 que se mantiene al ir agregando nuevas sesiones. En específico, la segunda y la tercera sesión tienen una eficacia mayor que la primera sesión. Al agregar la sexta sesión, aparece que la quinta y la sexta sesión también son mayores que la primera sesión de manera estadísticamente significativa.

Para el sujeto 5 se observa que en la cuarta sesión existe un cambio favorable estadísticamente significativo que permanece para la quinta sesión, donde la prueba de comparaciones múltiples señala que la cuarta y quinta sesión tienen una media mayor que la primera y segunda sesión.

Con el sujeto 6, el ANOVA denota que también en la cuarta sesión es posible observar un cambio favorable donde la cuarta y la tercera sesión tienen un desempeño mayor de manera estadísticamente significativa. Esta tendencia donde las sesiones finales tienen una eficacia mayor se mantiene hasta finalizar con los datos, en la sexta sesión.

Para los tres casos expuestos, a partir de la cuarta sesión es posible observar los cambios favorables que son significativamente estadísticos, por lo cual se propone que éste sea el límite en el número de sesiones realizadas con una modalidad de retroalimentación para evaluar el aprendizaje del usuario. De este modo, es posible evitar que el operador de la ICC pase por sesiones exhaustivas de entrenamiento y seleccionar en menos sesiones la modalidad que mejor le funcione al usuario.

#### 4. CONCLUSIONES

Si bien las retroalimentaciones audibles y vibrotáctiles, ya sean positivas o negativas, pueden ser candidatas a sustituir a la retroalimentación visual, el desempeño alcanzado con cada modalidad de retroalimentación en ICCs depende del sujeto que opere la interfaz. Lo anterior significa que no existe una mejor retroalimentación, sino que la modalidad sensorial de la retroalimentación debería ser personalizada.

En este trabajo se propone un esquema para seleccionar una modalidad de retroalimentación, el cual muestra que para la cuarta sesión es posible determinar si la modalidad contribuye al aprendizaje. Por ello, es que la cuarta sesión, siguiendo la metodología del estudio, podría ser el límite para evaluar un tipo de retroalimentación. Esto ayudaría a evitar realizar sesiones innecesarias y extenuantes para los operadores al evaluar la retroalimentación.



# IV CONGRESO NACIONAL DE TECNOLOGÍA APLICADA A CIENCIAS DE LA SALUD

"Generación de Nuevas Técnicas de Diagnóstico y Tratamiento"

6, 7 y 8 de Junio de 2013, Tonantzintla, Cholula, Puebla



## BIBLIOGRAFÍA

1. H. Higashi, T. M. Rutkowski, Y. Washizawa, A. Cichocki, and T. Tanaka, "EEG auditory steady state responses classification for the novel BCI", in *Proceedings of the 33<sup>rd</sup> Annual IEEE/EMBS International Conference*, Boston, MA, EUA. Aug. 30-Sept. 3 2011, pp. 4576-4579.
2. A.S. Royer, M. L. Rose, and B. He, "Goal selection vs. Process control in non-invasive brain-computer interface", in *Proceedings of the 33<sup>rd</sup> Annual IEEE/EMBS International Conference*, Boston, MA, EUA. Aug. 30-Sept. 3 2011, pp. 4235-4238.
3. N. Birbaumer, "Breaking the silence: brain-computer interfaces (BCI) for communication and motor control", in *Psychophysiology*, vol. 43, no. 6, pp. 517-532, Nov. 2006.
4. E. Lopez-Larraz, M. Creatura, I. Iturrate, L. Montesano and J. Minguez, "EEG single trial classification of visual, auditive and vibratory feedback potential in Brain-Computer Interfaces", in *Proceedings of the 33<sup>rd</sup> Annual IEEE/EMBS International Conference*, Boston, MA, EUA. Aug. 30-Sept. 3 2011, pp. 4231-4234.
5. A. Chatterjee, V. Aggarwal, A. Ramos, S. Acharya, and N. V. Thakor, "A brain-computer interface with vibrotactile biofeedback for haptic information", *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, vol. 4, no. 1, pp. 40-51, Oct. 2007.
6. M. Gonzalez-Franco, P. Yuan, D. Zhang, B. Hong, and S. Gao, "Motor imagery bases brain-computer interface: A study of the effect of positive and negative feedback", in *Proceedings of the 33<sup>rd</sup> Annual IEEE/EMBS International Conference*, Boston, MA, EUA. Aug. 30-Sept. 3 2011, pp. 6323-6326.
7. H. Gao, M. Ouyang, D. Zhang, and B. Hong, "An auditory brain-computer interface using virtual sound field", in *Proceedings of the 33<sup>rd</sup> Annual IEEE/EMBS International Conference*, Boston, MA, EUA. Aug. 30-Sept. 3 2011, pp. 4568-4571.
8. Advanced Brain Monitoring (2012) [Online]. Available: <http://b-alert.com/products/index.html>
9. G. Schalk, D.J. McFarland, T. Hinterberger, N. Birbaumer, and J. R. Wolpaw, "BCI2000: a general-purpose brain-computer interface (BCI) system", in *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, vol. 51, no. 6, pp. 1034-1043, Jun. 2004.