

Fundamento biomecánico para el compás musical y el caminar en el tango

Alejandro César Grosso Laguna

cultura@netcabo.pt

Laboratorio para el Estudio de la Experiencia Musical (LEEM-FBA-UNLP)
Instituto de Etnomusicología- Centro de estudios en música e dança (INET-MD-UA)

Introducción

Desde la perspectiva ontológica propuesta por el historiador José Gobello (1980) el baile del tango “no es sino la africanización de la mazurca y la milonga; el tango en su origen, no es un baile, sino una manera diferente de bailar lo que ya se venía bailando”. Por otro lado, Gobello agrega que las “características (...) africanas, de este modo de bailar fueron el corte y la quebrada” (p.18). Alrededor de 1870 el compadrito criollo tomó para sí esta gestualidad africana y le sumó el abrazo de pareja acomodando sobre el patrón de la Habanera (negra con punto-corchea-negra negra) los nuevos movimientos rítmicos fruto de la combinación criolla-negra.

Una de las primeras grabaciones del tango emancipación de Juan Maglio ‘Pacho’ de 1912 da cuenta del estilo musical basado en la habanera <https://www.youtube.com/watch?v=Wj0-vjScBMY>. Este acompañamiento fue exclusivo de todos los

llamados tangos del Río de la Plata hasta el final del periodo denominado Guardia Vieja que termina en el final de la segunda década del s.XX.

En 1920 la orquesta Select cambió la marcación de la habanera hacia un nuevo patrón en el que los 4 tiempos del compás eran objetivamente tocados y marcados en un tempo mas lento como puede apreciarse en el tango El Marne de 1920 interpretado por la orquesta referida <https://www.youtube.com/watch?v=a9Hobu1KGwk>. A partir de aquí en que el ritmo está constituido por una base isócrona el baile el adopta una gestualidad mas caminada (el corte y la quebrada se suavizan) y también el tango comienza a ser aceptado como una manifestación que puede ser bailada en sociedad.

Años mas tarde, y directamente vinculado a su popularidad, en 1935 los arreglos y las interpretaciones de los tangos de Juan D'Arienzo adoptan un ritmo enérgico, staccato y un tempo mas rápido, una forma de tocar orientada al baile que le valió el apodo de el rey del compás.

Mostramos un ejemplo del tango Tinta verde de 1935 interpretado por su orquesta típica <https://www.youtube.com/watch?v=G0w5Vs2B0fw>. D'Arienzo "le devolvería el tango a los pies de los bailarines" (Recuperado de <http://www.todotango.com/creadores/biografia/32/Juan-DArienzo/>). En la década del 40 el baile se popularizó y con él comenzó a emerger el axioma popular que compara la esencia del baile con el 'saber' *caminar con cadencia, pisar los tiempos, llevar el compás, bailar los silencios* y hacer todo esto con *elegancia* y con la misma *naturalidad con que caminamos en la calle*. Estos axiomas ponen en evidencia el cruzamiento entre la terminología musical y la acción de caminar como fuente de ritmo.

La hipótesis de una génesis de la danza del tango previa a la consolidación de su estilo musical sugerida por Gobello (1980) es la motivación del desarrollo teórico de este trabajo. Sobre esta base nosotros planteamos los siguientes interrogantes: (i) ¿Que hay de tan importante en este caminar que es capaz de ser expresivamente entendido como fuente del baile y de estilo musical del tango?; (ii) ¿en que se parece y se diferencia el *caminar de la calle* (CC) con el *caminar individual del tango* (CIT); (iii) ¿Qué tipo de relación guarda la estructura cinética y cinemática del paso con la jerarquía métrica musical del Tango?

Fundamentación

“La locomoción es probablemente la actividad cotidiana más común de los animales superiores, incluidos los humanos. Se define como una acción motora durante la cual cambia la



ubicación de todo el cuerpo en el ambiente” (...) “Hay muchos tipos de locomoción como gatear, volar, nadar, saltar, caminar y correr” (Latash, 1998, p.172).

Uno de sus principios fundamentales es el control *automático* y equilibrado de la actividad postural durante el desplazamiento del cuerpo.

Jacquelin Perry (1992) pionera en la investigación biomecánica refiere que el caminar hacia delante sobre el nivel del piso es el patrón básico de la locomoción bípeda. Este patrón “emplea una secuencia repetitiva del movimiento de las extremidades para mover el cuerpo hacia adelante mientras mantiene simultáneamente la estabilidad de la postura” (p.3). La autora señala que mientras el cuerpo va avanzando “una extremidad sirve como una fuente de apoyo móvil, mientras que la otra avanza hacia un nuevo sitio de soporte” y desde aquí las extremidades “invierten sus papeles. Esta serie de eventos es repetida por cada miembro con una reciprocidad temporal hasta que la persona alcanza su destino” (p.4). A la secuencia individual de estas dos funciones realizadas por una sola extremidad se la denomina *ciclo de la marcha* (gait cycle).

Durante la marcha los movimientos de las piernas fluyen suavemente de modo que cualquier evento podría ser considerado como punto específico de inicio o de final. Varios autores (Perry 1992; Murray et al., 1964) han considerado que el evento más fácil de observar es el *contacto inicial* del pie con el suelo (onset) y por consiguiente adoptaron esta localización como el inicio del ciclo de la marcha. De acuerdo a esto el contacto sucesivo contralateral define el *paso* y el contacto sucesivo ipsilateral define el *ciclo*.

La repetición de la secuencia de movimientos inferiores implica una serie de interacciones entre dos miembros multi-segmentados (dedos, talón, rodilla, cadera) y la masa total del cuerpo, por lo que la identificación de los numerosos eventos que ocurren dentro de cada ciclo exige que el paso sea observado desde diferentes enfoques tales como, las variaciones del apoyo recíproco de los pies contralaterales, las calidades del paso con respecto al tiempo y la distancia, el significado funcional de los eventos que se producen en el ciclo de la marcha y los intervalos que se producen entre ellos (Perry,1992). La misma investigadora sostiene que mientras caminamos “un cambio de dirección, las escaleras y el terreno accidentado aumentan la demanda. Correr y los diferentes deportes exigen necesidades aún mayores”. Sin embargo y a pesar de la “complejidad que implican estas variaciones existen patrones funcionales subyacentes que son comunes a todos ellos” (1992, p.19). Esta definición es particularmente relevante en este trabajo pues permite ampliar el alcance del análisis biomecánico de la marcha hacia el estudio de movimientos basados en el patrón de *caminar*, como por ejemplo en el tango, y hacia una gran variedad de los movimientos de la danza

‘formal’. En este sentido, es elocuente el testimonio del bailarín y ensayador Vitor García “El baile es una forma sofisticada de andar” (Junio 2011, en conversación personal).

El ciclo de la marcha (ver figura 1) se divide en dos periodos que describen la actividad total de una pierna entre dos contactos ipsilateral son denominados *periodo de apoyo* (stance) y *periodo de balanceo* (swing) (Perry,1992). El periodo de apoyo designa el tiempo durante el cual el pie o los pies están en contacto en el suelo. Comienza con el *contacto inicial* del talón (heel strike) y termina cuando el dedo mayor del pie ipsilateral abandona el suelo. El periodo de balanceo se refiere al lapso durante el cual el pie está en el aire y avanzando. Comienza cuando el dedo mayor del pie es levantado del suelo (toe-off) y termina cuando el talón ipsilateral entra en contacto con el mismo. El ciclo de la marcha se divide en 8 fases (Sistema Rancho Los Amigos), (1) contacto inicial, (2) respuesta a la carga, (3) apoyo medio, (4) apoyo terminal, (5) pre balanceo, (6) balanceo inicial, (7) balanceo medio, (8) balanceo terminal.



Figura 1. Panel superior e inferior. Fotogramas que ejemplifican las categorías del análisis del ciclo de la marcha (Perry, 1992). Imagen del autor.

El periodo de apoyo (Fig. 1 panel superior) se subdivide en tres intervalos de acuerdo a la secuencia en que los pies entran en contacto con el piso. Estos son: el apoyo inicial (1—2), el apoyo medio (2—3) y el apoyo terminal (3—4). Durante el intervalo del apoyo inicial existe un periodo de apoyo bilateral denominado *doble apoyo*. Una vez que el pie contralateral despegue del suelo todo el peso del cuerpo es *soportado* por una sola pierna. Durante el *apoyo simple* están involucradas dos fases —el apoyo medio y el apoyo terminal— que se diferencian por sus mecanismos de progresión. La fase de apoyo medio comprende la primera mitad del intervalo del soporte simple de la extremidad (10-30% ciclo), comenzando cuando el pie contralateral es levantado y continúa hasta que el peso del cuerpo se alinea sobre el ante pie (metatarso) llegando a alcanzar el equilibrio entre la extremidad de soporte y el tronco. El apoyo terminal comprende el intervalo entre el levantar del talón ipsilateral y el contacto con el suelo del pie contralateral y completa el periodo de soporte simple sobre la extremidad. El objetivo de la fase terminal es la *propulsión* hacia afuera del apoyo simple.

El periodo de balanceo (Fig. 1 panel inferior) se divide en tres intervalos, el balanceo inicial (5—6), el balanceo medio (6—7) y el balanceo terminal (7—8). El balanceo inicial se extiende desde el despegue del talón hasta el despegue del dedo mayor del pie ipsilateral durante este intervalo se produce el 2º periodo de apoyo bilateral del ciclo. El balanceo medio se extiende desde el despegue del pie del suelo hasta que los pies están juntos y el balanceo medio entre esta posición y el instante inmediatamente anterior al contacto del pie ipsilateral.

Como resultado de la combinación secuencial del movimiento de las extremidades se distinguen *tres tareas básicas*: la *aceptación del peso*, el *soporte del peso sobre una sola pierna* y el *avance de la extremidad contralateral* (Figura 1 panel superior e inferior). La aceptación del peso se prolonga durante las *dos primeras fases* del ciclo de la marcha: el contacto inicial y la respuesta a la carga. La aceptación de peso se prolonga desde el instante en el que el pie apoya hasta que el pie contralateral es levantado.

La aceptación del peso es la tarea más exigente en el ciclo de la marcha. Implica tres patrones funcionales: la *absorción de choque*, la *estabilidad inicial de los miembros* y la *preservación de la progresión*. El desafío durante esta tarea es la transferencia abrupta de peso corporal sobre una extremidad que, en el contacto inicial tiene una alineación inestable. Durante este lapso la extremidad de apoyo tiene la responsabilidad de soportar el peso del cuerpo en los planos sagital y coronal mientras que progresión continúa (Perry, 1992).

En un ciclo de la marcha, el 40% del tiempo está dedicado a la fase de apoyo medio, el 40% al periodo de balanceo y el 10% del tiempo dedicada a cada intervalo de apoyo doble. Estos porcentajes varían de acuerdo con la tasa de velocidad de la

marcha. Cuando la velocidad del paso se incrementa, el periodo de apoyo se hace proporcionalmente menor y el periodo de balanceo se hace mayor. La fase de apoyo doble desaparece en la transición de caminar al correr (Karb et al., 2011).-

El análisis de la locomoción bípeda divide al cuerpo en dos unidades, el *pasajero* y el *sistema locomotor*. El pasajero está compuesto por cabeza, cuello, tronco, pelvis, brazos (70% del peso del cuerpo). La unidad motora está compuesta por las extremidades inferiores y también la pelvis que cumple un doble rol al establecer, por un lado, una conexión móvil con las extremidades inferiores, y por el otro, como siendo el segmento inferior del pasajero que ‘cabalga’ sobre las articulaciones coxofemorales de la cadera. Las funciones del sistema locomotor son la *propulsión*, la *estabilidad* del apoyo, la *absorción del impacto* y la *conservación de la energía*.

Cinética de la marcha

El ciclo de la marcha es descrito por Bramble y Lieberman (2004) como “un péndulo invertido en el cual el centro de masa oscila sobre una pierna relativamente extendida durante la fase de apoyo, intercambiando eficientemente energía potencial y cinética fuera de fase en cada paso” (p.345).

De acuerdo a Perry (1992) los grandes arcos de movimiento ocurren en el plano sagital, aunque también hay sutiles acciones que ocurren en los planos coronal y transversal, que generan una serie de patrones de movimiento realizados por la cadera, la rodilla y el tobillo.

El centro de gravedad del cuerpo (CG) se desplaza ligeramente de la línea de progresión cuando caminamos. Esto es consecuencia de una alineación en constante cambio entre el cuerpo y el pie de apoyo, y durante el apoyo y el avance selectivo de los miembros en el periodo del balanceo. Durante la fase de apoyo doble el CG se encuentra en su posición mas baja. En el momento del impacto el cuerpo presenta su máxima velocidad y la energía cinética es máxima. A partir de aquí y hasta la fase de apoyo medio el cuerpo reduce su velocidad (frenado), el CG se encuentra en su posición mas alta y la energía potencial es máxima. Desde aquí y hacia la fase terminal de apoyo el cuerpo aumenta su velocidad (propulsión) mientras el CG desciende. Como se desprende de esta descripción el CG adquiere en cada paso un ritmo vertical. Existen otros tres ritmos que están configurados de acuerdo al desplazamiento lateral de la pelvis y el tronco, la elevación y caída contralateral de la cadera y la rotación opuesta de las cinturas escapular y pelviana.



Danza y la percepción corporeizada del beat

El proceso de locomoción bípeda es probablemente el patrón de movimiento más empleado y desarrollado por la danza popular y la danza ‘formal’.

Estas nociones ya eran familiares para la bailarina y coreógrafa Doris Humphrey (1959) quien consideraba que la fuente de organización rítmica más importante para el bailarín era el ritmo motor (comparado con el de la respiración, latir del corazón, y el ritmo emocional) al que describía como “el mecanismo de propulsión, las piernas, que el hombre descubrió que podrían soportarlo, una después de la otra, mientras se movía en el espacio y el cual provee la consciencia de beat a medida que el peso del cuerpo cambia” (p.105). Además “aquí es donde el origen de la danza comienza —con los pies— y aquí es donde principalmente se mantiene” enfatizando que la “consciencia del acento [y] la energía marcada del beat proviene solamente del cambio de peso en la danza” sosteniendo que tal consciencia “no existiría en la música, el lenguaje y las artes visuales si no hubiera sido establecida por el pie del hombre” (p.105). Además del ritmo que se produce con el cambio de peso,

el mecanismo de caminar consiste en el equilibrio sobre una pierna mientras la otra es levantada y llevada por los músculos. En la medida que esta pierna va bajando ya no es necesaria mantener la fuerza. La gravedad se hace cargo y el pie golpea la superficie ejerciendo únicamente una acción de frenado. Este golpe hacia abajo puede ser enfatizado y reforzado por energía (...) sin embargo la gravedad es la que provee la potencialidad del beat. (Humphrey, 1959, p.106)

Humphrey concluye afirmando que el patrón llave del mecanismo del caminar es una *caída* y una *recuperación*, el dar y el recuperar rebotado de la gravedad, un juego que se manifiesta primordialmente al caminar y que es el núcleo mismo de todo movimiento. En la danza este proceso es altamente especializado y amplificado y de él se desprenden todas las cualidades de acentos.

Objetivos

El objetivo de este trabajo es (i) demostrar que hay un fundamento biomecánico para la relación fuerte débil en la estructura del paso del tango, (ii) presentar evidencia teórica que permita establecer analogías entre la estructura mecánica del paso y la jerarquía métrica del compás del tango.

Contribución principal

Caminar de la calle vs paso individual del tango

Tres bailarines profesionales (incluyendo este autor) realizaron tareas empíricas de auto observación en las que analizaron sus propias acciones de acuerdo a las categorías del análisis biomecánico expuestas arriba (2 periodos, 8 fases, 2 tipos de apoyo, tareas y funciones). Se llevaron a cabo tres encuentros, distribuidos en dos semanas, durante los cuales los bailarines realizaron pasos de tango en distintas direcciones (adelante, atrás, cambios de direcciones con pivót) y dinámicas (diferentes ataques y perfiles de fluidez), en forma individual y en pareja, con música de tango y sin música.

Los bailarines exploraron desde una perspectiva kinestésica aspectos cinemáticos (desplazamiento, posición, tiempo, velocidad, aceleración) del ciclo de la marcha observando lo que sucedía en sus cuerpos al transformar en tiempo real el paso de la calle en tango.

Al observar lo que sucedía en sus cuerpos al transformar en tiempo real el paso de la calle en paso de tango encontraron que las categorías que describen el ciclo de la marcha (Perry, 1992) se aplican sin restricciones en la dirección hacia delante y hacia atrás, tanto en el paso individual como en la versión en pareja.

En relación al paso en pareja (por cuestiones de extensión no será abordado aquí) señalaron que la progresión secuencial de los contactos del pie —talón-plantar-metatarso-falanges— hacia delante y hacia atrás se presentan de manera inversa y que la progresión secuencial de los despegues del pie —talón-falange distal—es idéntica.

También observaron que al transformar el caminar de la calle en tango se producen cambios en el tempo, en la velocidad y en la longitud del desplazamiento del paso, que son kinestésicamente perceptibles en términos de fuerza muscular, inercia y energía.

En primer lugar, los bailarines refirieron que cuando tomaban la decisión de cambiar la actitud de caminar de modo calle al modo tango sentían que la variación corporal de la experiencia era contrastante.

En segundo lugar, dieron cuenta que al transformar el paso de la calle en tango se producía una notable reducción en la tasa de pasos por minuto (PPM). De acuerdo a Perry (1992) el caminar de la calle varía entre 105-120 PPM (tempo 210-240) y este valor representa el ritmo mas eficiente para el ahorro de energía. La medición que realizaron los bailarines muestra que el caminar del tango se producen entre de 60-72 PPM (tempo120-144), esto es, una reducción de 75% con respecto al caminar de la calle. En tercer lugar, señalaron que al transformar el

paso al *modo tango* reconfiguraban intencionalmente la disposición muscular del cuerpo (alongamiento).

En cuarto lugar, observaron que la extensión del paso de tango es alrededor de un 20% mayor (mediciones de la longitud entre contactos iniciales). En quinto lugar, refirieron que cuando caminaban en modo calle la velocidad era constante y la variación de aceleración mínima. En cambio cuando hacían el caminar en modo tango el patrón de velocidad no era uniforme y adoptaba dos lapsos contrastantes por paso. Esta descripción encuentra fundamento en el trabajo Mora y Pellicer (2013) que expresa que en la danza deportiva existe un tipo especial de *paso* caracterizado por la presencia de un *acento* producido por un *impulso* y otro *acento* producido por un *impacto*. Estos investigadores explican que en una secuencia de pasos de rumba o de tango en la misma dirección la velocidad del centro del cuerpo no es uniforme y la aceleración oscila entre valores positivos y negativos.

En suma, indicaron que al moverse en modo tango la variable tiempo adquirió una dimensión más cualitativa y más intencional en la forma del hacer, y el controlar la estabilidad y la progresión del cuerpo. Además —en el pasaje del modo calle al modo tango— sintieron un cambio en la intención del movimiento que relacionaron con la velocidad del cambio de peso que imponía la escucha de la música. Esto, fue sentido como una sensación interna de variación de inercia y energía que en el paso de la calle no advirtieron.

Ritmos corporales en la marcha

Perry (1992) describe una serie de patrones rítmicos que se producen entre cada paso como consecuencia del cambio de la alineación entre el cuerpo y el pie de apoyo, y durante el apoyo y el avance selectivo de los segmentos de los miembros en el periodo del balanceo.

Nosotros consideramos que debíamos corporeizar —entender *en movimiento*— la descripción teórica de estos patrones rítmicos y ver como se *materializaban* en nuestro cuerpo. Con este propósito procedimos a registrar a través de un sistema MOCAP VICON (10 cámaras) los movimientos de una bailarina profesional realizando pasos de la calle y de tango. La captación de movimiento se llevó a cabo en el Laboratorio de Movimiento Humano de la Escuela Superior de Salud, Universidad de Aveiro y la visualización en 3D del registro se llevó a cabo a través del programa MOKA.

En tiempo real, en cámara lenta y desde diferentes planos observamos la forma de los trazos dejados por los sensores que mejor describían cada tipo de ritmo y que ilustramos a continuación.

El primer patrón (figura 2) es un ritmo vertical que trae aparejada una variación periódica de la altura del CG con respecto al suelo (plano sagital). En la imagen izquierda de la figura se aprecia la trayectoria del sensor correspondiente al plexo solar (localización cercana al CG). Se observa que en la fase de apoyo medio el sensor se encuentra en su distancia máxima en relación al suelo (energía potencial mínima). La imagen derecha de la misma figura muestra que durante la fase del contacto inicial el sensor se encuentra en su distancia mínima en relación al suelo (energía cinética máxima).

El segundo patrón es mostrado en la figura 2 panel izquierdo y consiste en el desplazamiento lateral de la pelvis y el tronco que se produce desde la fase del contacto inicial hacia la fase de apoyo medio. Existe una desviación de la pelvis hacia la extremidad que soporta todo el peso del cuerpo en la fase de apoyo medio (aquí la desviación llega a su límite y cambia su dirección para producir la misma desviación sobre la extremidad contralateral. Mientras el cuerpo se desplaza el CG sufre un movimiento rítmico hacia arriba y abajo y de un lado a otro.

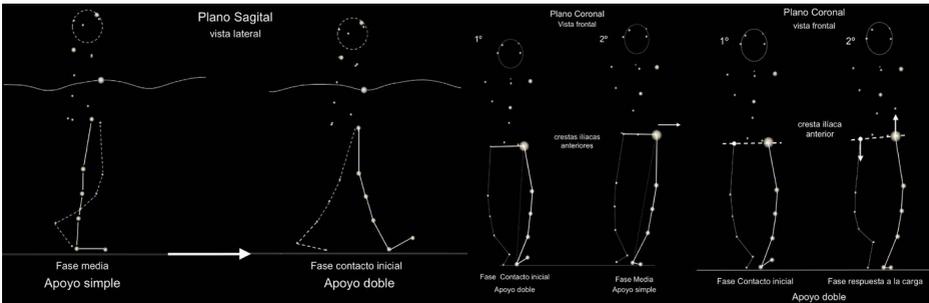


Figura 2. Panel izquierdo. Ritmo desplazamiento lateral en la fase media del periodo de apoyo. Imagen del autor. Panel Derecho. Ritmo elevación y caída contralateral de la cadera en la respuesta a la carga.

El tercer patrón es la elevación y la caída contralateral de la cadera. La figura 2 panel derecho muestra como la cresta ilíaca de la extremidad de apoyo se eleva y la cresta iliaca opuesta descende en el intervalo comprendido entre las fases de contacto inicial y de respuesta a la carga. En la fase de apoyo medio ambas crestas se nivelan y el proceso se repite a partir del contacto inicial de la extremidad contralateral.

El cuarto patrón se produce en el plano transversal está configurado por la rotación opuesta de las cinturas escapular (hombros) y pelviana (cadera) durante la marcha. Esta rotación rítmica permite almacenar energía potencial elástica,

por deformación de partes blandas, para liberarla y transformarla en energía cinética. En la fase de apoyo medio ambas cinturas se alinean y el proceso se repite.

Las representaciones gráficas ponen en evidencia una serie de patrones rítmicos periódicos que reflejan la simetría del cuerpo y la equidistancia entre impactos contralaterales e ipsilaterales.

Observamos a través de los registros del MOCAP que se verifican los mismos patrones rítmicos en el modo calle y modo tango. Esto es coincidente con la afirmación de que existen patrones funcionales subyacentes comunes a todos los procesos de la marcha (Perry, 1992). A pesar de ello, en el modo tango el seguimiento del desplazamiento del sensor en el ritmo vertical reveló que el flujo del movimiento *no es uniforme* y que el cuerpo se mueve por impulsos dirigidos hacia los instantes en que se verifica la aceptación del peso (contacto inicial).

La música del tango

El ritmo musical del tango se agrupa en torno a un acento métrico cada cuatro tiempos (4x4) [fuerte - débil- semi fuerte - débil]. El estilo musical del tango se caracteriza por un *patrón rítmico de marcación* que va siendo 'interrumpido' por breves *síncopas* y alternado con frases *cantábiles*. En el *marcato en cuatro* los 4 tiempos son tocados (por varios instrumentos) y articulados expresivamente con calidad staccato. En el *marcato en cuatro* puede acentuarse el tiempo uno, o los tiempos uno y tres, el tiempo cuatro, ó los tiempos dos y cuatro. El *marcato en 4* suele ser alternar con un *marcato en dos* (tiempos 1 y 3) e inclusive *marcato en uno* (tiempo 1). Durante la pieza se suceden breves patrones de sincopa (de compás y o de tiempo) que interrumpen el flujo regular establecido por el *marcato*. En los periodos *cantábiles* (articulación expresiva legato) los pulsos subyacentes no están objetivamente marcados por la orquesta. Es frecuente el uso del rubato y el ritardando durante la pieza.

Interpretación métrica del ritmo del tango

Como referimos anteriormente existe una consciencia de beat que está vinculada a los golpes del pie que se producen cuando cambia el peso del cuerpo al caminar (Humphrey, 1959). Pese a que en el tango no conocemos estudios en los que se hayan vinculado los impactos del pie a la pulsación musical, la *praxis milonguera* soslaya no verbalmente que, al bailar, el contacto inicial de cada paso cae sobre el tiempo fuerte (1 y 3) y la fase media de apoyo se localiza sobre el tiempo débil (2 y 4).

En la figura 3 mostramos el esquema jerárquico de regularidad periódica que se desprende del ciclo de la marcha. En el esquema se observa un *nivel de ciclo* (N2) que abarca el lapso entre dos contactos ipsilateral sucesivos (1 ciclo de la marcha); un *nivel de paso* (N1) que comprende el lapso entre dos contactos contralaterales; y un nivel de medio paso definido por el lapso entre el contacto inicial y la fase de apoyo medio (ipsilateral) y desde esta última al próximo contacto inicial (contralateral). En el esquema puede observarse la descripción cinemática y cinética vinculada a la alternancia de las categorías energía potencial-cinética y propulsión-frenado. Surge de manera elocuente que el esquema jerárquico del ciclo de la marcha coincide con la estructura métrica del marcado en cuatro de la música. La descripción de la alternancia rítmica del movimiento del CG presentada en la sección anterior refuerza la coincidencia periódica de los patrones del caminar y la música.

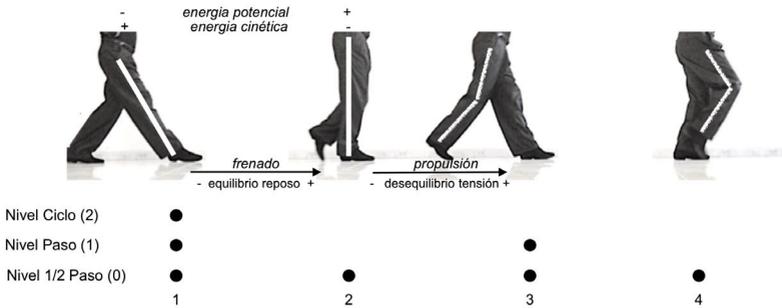


Figura 3. Figura 4. Representación del metro y el movimiento de acuerdo a fotogramas extraídos de un clip con pasos individuales de tango. La fase de apoyo medio divide en dos partes la progresión del periodo de balanceo. La duración del periodo de apoyo simple y la fase de balanceo es equivalente.

En la primera sección de la contribución principal hemos realizado en forma preliminar exploraciones empíricas cuantitativas y kinestésicas que han mostrado que existen diferencias entre la experiencia sentida del paso de la calle y del paso del tango justificada entre otras porque ponemos otra *intención en el hacer* mientras imaginarnos y/o escuchamos la música de tango ¿Como es entonces que la relación fuerte débil emerge de estructuras periódicas de movimiento que son idénticas?

Realizamos un teste empírico que consistió en atribuir al paso de la calle la tasa de velocidad de 72PPM y un aumento en el desplazamiento del paso en 20% . El resultado de esta experiencia se tradujo en un paso muy lento y largo, y no aportó aproximaciones que correspondan con lo que, por norma, es sentido al hacer el

paso con la música. La relación fuerte débil del movimiento no fue encontrada. Por último, nos centramos en desuniformizar la velocidad de la transferencia del peso del cuerpo entre cada impacto en cada paso, (recordemos que la velocidad en el caminar de la calle es muy uniforme) enfatizando la alternancia del binomio propulsión-frenado. Aquí la experiencia rítmica del paso de tango emergió.

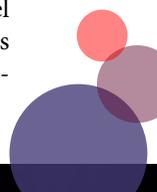
De acuerdo a todo lo expuesto y por lo observado en nuestra praxis proponemos la siguiente descripción acerca de lo que ocurre entre el paso del tango y el contexto métrico de su música. Del tiempo uno al dos —se produce el contacto inicial y el cuerpo transita hacia la 1ª mitad de la fase de apoyo medio— el cuerpo adquiere una aceleración negativa (frenado) produciendo una sensación de reposo al arribar a un estado de equilibrio estable. En este punto el CG se encuentra en su localización vertical mas alta (figura 2 imagen izquierda), la velocidad tiende a cero (variación abrupta de la velocidad sin alcanzar este valor) y la energía potencial es máxima. Del tiempo dos al tres —arranca de la 2ª mitad de la fase de apoyo medio y se dirige hacia el contacto inicial contralateral— el cuerpo gana aceleración positiva (propulsión) mientras ingresa en un estado de equilibrio inestable hasta el punto de no retorno, produciéndose una sensación de tensión que es resuelta a partir del siguiente contacto inicial. Cuando en el tiempo tres se produce el apoyo doble, el CG adquiere su punto mas bajo (figura 2 imagen derecha) el cuerpo se encuentra en velocidad y la energía cinética es máxima.

Cuando el bailarín realiza el paso de tango la sensación fuerte del paso se localiza durante la acción de frenado (hacia el equilibrio) y la sensación débil del paso se localiza durante la propulsión (hacia el desequilibrio). De acuerdo con este planteo el ritmo corporal que se establece entre las transiciones de las fases de contacto inicial y apoyo medio no solo se sincroniza con el pulso periódico de la música sino que también lo hace con la posición fuerte-débil de la misma.

Conclusiones / implicancias

Este trabajo arrojó evidencia teórica y kinestésica de que existe una jerarquía de periodicidad y una relación fuerte débil en la estructura del caminar del tango y que esta, se vincula con la estructura métrica y el patrón de marcató en 4 de la música del tango. Mostramos que la jerarquía métrica de la música del tango se encuentra embrionariamente representada en el mecanismo de la marcha y que el caminar posee características que son propias de la estructura métrica como la simetría, la equidistancia y la periodicidad.

Partiendo del análisis biomecánico del ciclo de la marcha mostramos que el paso del tango puede caracterizarse por la alternancia en una serie de categorías dicotómicas (Propulsión-Frenado; Desequilibrio-Equilibrio; Energía potencial-



Energía cinética; Ritmo articulatorio arriba-abajo / centro-lado).

El trabajo mostró (aún de forma preliminar) que en el caminar del tango el binomio *propulsión vs. frenado* —vinculado a la variable velocidad y aceleración— se desuniformiza con respecto estableciendo oscilaciones periódicas de aceleración entre valores positivos y negativos. Presentamos evidencias que la percepción kinestésica de la relación periódica de lo fuerte débil del paso del tango está vinculada al cambio de valencia de la aceleración. Esto estaría indicando que existe un refuerzo intencional de la variable velocidad que “adapta” la estructura cinemática y cinética del paso de la marcha a los niveles de la periodicidad jerárquica y a la expresividad de la música. Además mostramos que el caminar en modo tango se caracterizó por una disminución de la variable tasa de *tempo* y un aumento de la longitud del desplazamiento con respecto al caminar de la calle. La variación de signo de la aceleración sumado a las variaciones anteriores producen alternancias de inercia que el bailarín modela a través del uso de la fuerza muscular mientras se acopla al timing de la música.

El trabajo puso el foco en una serie de *automatismos* que regulan y controlan el estado de equilibrio, la velocidad y la longitud del desplazamiento del cuerpo durante la marcha humana. En el modo calle, la velocidad y los binomios frenado-propulsión y energía cinética-potencial (Perry, 1992; Bramble y Lieberman, 2004) mantienen un perfil uniforme y son parte estructural de la biomecánica de la marcha.

Cuando bailamos estos automatismos pierden fuerza en favor de una reorganización *intencional y expresiva* del paso de tango con el estímulo musical externo. Esta pérdida de automatismo abona a favor de una distribución “dinámica y kinestésicamente sentida” (Sheets-Johnstone, 2011) de impulsos y el frenados entre contactos contralaterales.

En términos de la evolución del estilo del tango el ritmo de la habanera fue reemplazado por el *marcato en 4* (orquesta Select 1920) que nos hace pensar en la transición gestual-expresiva hacia el ritmo isócrono del caminar. Esta necesidad, hipotetizamos, estaría vinculada a transformaciones sociales e inmigratorias que desembocan en la irrupción del baile en Buenos Aires (Palais de Glace 1915), con el desarrollo y ampliación de las orquestas, con el cambio de temática hacia el ‘amor-desengaño-paso del tiempo’. La gestualidad inicial del baile con corte y quebrada (Gobello, 1980) vinculada a las raíces africanas y a la temática prostibularia, cede a un baile que alisa sus figuras, menos procaz, menos rítmico y a la advertencia, se bailará tango pero no son permitidos el corte y la quebrada.

En cuanto a las implicaciones de orden pedagógico consideramos que el conocimiento biomecánico del paso del tango en vínculo con la reflexión de la percepción kinestésica contribuye en la forma de observar, analizar y verbalizar

detalles ‘musicales’ de la calidad del movimiento durante el aprendizaje del tango. Asimismo, la toma de conciencia de la identificación métrica y la localización de la relación fuerte-débil en el paso del tango (contacto inicial – 2ª parte del apoyo medio) le facilitan al bailarín encontrar una comprensión sentida más vertical del ritmo del paso, versus la habitual comprensión horizontal y contada de los movimientos. Consideramos que estos hallazgos son un avance en el estudio de las relaciones rítmicas y expresivas tanto para los bailarines como para los músicos, y también para mejorar su comunicación (Laguna, 2013). Por ejemplo, en el reconocimiento de sus diferentes experiencias de la regularidad. En el músico de tango, esta experiencia está relacionada con los movimientos producidos para tocar cada uno de los sonidos del *marcato* en 4, y en el bailarín esta experiencia está vinculada con los impactos del pie, es decir, una regularidad cada 2 tiempos. Esto último tiene impacto en la comunicación verbal entre músicos y bailarines, porque unos y otros cuentan niveles de regularidad diferentes y la mayoría de las veces no lo advierten.

Las conclusiones presentadas vienen a reforzar todas las concepciones pedagógicas que sustentan el enfoque y el desarrollo del ritmo en el movimiento físico-corporal y contribuye con un aprendizaje más multimodal del baile del tango.

Por último dejamos planteada la hipótesis de que el bailarín sería capaz de expresar la cualidad estética de la música a través de los distintos *micro timing* de sus pasos, hipótesis que debe ser sujeta a comprobación.

Agradecimientos

Este trabajo es financiado por fondos del gobierno de Portugal a través de la Fundação para a Ciência e a Tecnologia, I.P., en el ámbito del proyecto SFRH/BPD/109712/2015, cuyos directores son los Doctores Jorge Salgado Correia (INET-MD/Universidade de Aveiro) y Favio Demián Shifres (LEEM/UNLP-FBA).

Referencias bibliográficas

- Bramble, D y Lieberman, D. (2004). Endurance running and the evolution of Homo. *Nature* 432, 345-352.
- Gobello, J. (1980). *Crónica general del tango*. Editorial Fraterna: Buenos Aires.
- Kharb, A; Saini, V; Jain, Y y Dhiman, S. (2011). A review of gait cycle and its parameters. *IJCEM International Journal of Computational Engineering & Management*, Vol. 13.

- Laguna, A. (2013). *Revisión de problemas comunicacionales en la clase de técnica de danza observados por un músico de danza* (Tesis doctoral), Universidad de Évora: Évora.
- Latash, M.(1998). *Neurophysiological basis of human movement*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Lieberman et al. (2010). Foot Strike Patterns and Collision Forces. *Nature* 463, 531-535
- Murray, M.; Drought, B y Kory, R. (1964). Walking Patterns of Normal Men. *The Journal of Bone And Joint Surgery*, 46, pp. 335-360.
- Mora, X. y Pellicer, M. (2013). Understanding and measuring rhythm quality in dance: What is a movement accent? In G. W. Hart, R. Sarhangi (Eds), *Proceedings of Bridges 2013: Mathematics, Music, Art, Architecture, Culture* (pp. 111–118). Tesselations Publications: Phoenix, Arizona.
- Perry, J. (1992). *Gait Analysis. Normal and Pathological Function*. Thorofare, New Jersey: SLACK Incorporated.
- Sheets Johnstone, M. (2011). From movement to dance. *Phenom Cogn Sci*, 11, pp 39-57.

