



Análisis biomecánico de las presiones de contacto de superficie después de una osteotomía del iliaco para la corrección de la displasia acetabular

Dra. Rosa Daniela Ayala,* Dr. Pablo Castañeda Leeder*
Hospital Shriners para Niños.

RESUMEN

Antecedentes: La displasia acetabular es la causa más común de la osteoartritis secundaria de cadera, y un aumento de la presión en la superficie de carga es el factor predisponente, por lo que se han desarrollado distintas osteotomías para la corrección de la displasia. La teoría es que estas osteotomías disminuirán la presión de superficie de contacto entre la cabeza femoral y el acetábulo. El objetivo de este estudio fue determinar el cambio en la presión de superficie de contacto después de realizar una osteotomía de iliaco para la corrección de la displasia acetabular. **Método:** Se determinó la presión de superficie de contacto de 70 caderas utilizando el programa HipStress que es un nomograma calculado. El análisis se llevó a cabo con correlaciones de Spearman y Pearson. La edad media de los pacientes al momento del análisis fue de 7.5 años. **Resultados:** La media de HipStress para caderas sanas usadas como control fue de 1.66 Mpa, para caderas con displasia fue 8.9 MPa, después de una osteotomía de Salter fue de 2.9 y después de una osteotomía tipo Pemberton fue de 3.1. El cambio en el HipStress fue de -4.7 después de una osteotomía tipo Salter ($p = 0.003$) y fue de -5.5 después de una osteotomía tipo Pemberton ($p = 0.004$). **Conclusión:** Tanto la osteotomía tipo Salter como la tipo Pemberton tienen el potencial de reducir el valor de HipStress en pacientes con displasia. La reducción de la presión de contacto de superficie debe traducirse en una articulación más duradera.

Nivel de evidencia: III

Palabras clave: Displasia acetabular, presión de contacto de superficie, osteotomía de iliaco.
(Rev Mex Ortop Ped 2014; 1:20-25)

SUMMARY

Background: Acetabular dysplasia is the most common cause of secondary osteoarthritis, the increase in surface contact pressure is the predisposing factor which is why many osteotomies have been developed for the correction of the dysplasia. The theory is that the osteotomy will reduce the surface contact pressure between the femoral head and the acetabulum. The objective of this study was to determine the change in surface contact pressure after an innominate osteotomy for the correction of acetabular dysplasia. **Method:** The surface contact pressure of 70 hips was determined using the HipStress program, which is a calculated nomogram. The analysis was carried out with Pearson and Spearman correlations. The mean age of patients at the time of analysis was 7.5 years. **Results:** The mean HipStress for healthy hips used as controls was 1.66 MPa for hips with dysplasia it was 8.9 MPa; after a Salter osteotomy, it was 2.9 and after a Pemberton Osteotomy it was 3.1. The change in HipStress was -4.7 for hips undergoing a Salter osteotomy ($p = 0.003$) and -5.5 for hips undergoing a Pemberton osteotomy ($p = 0.004$). **Conclusion:** Both the Salter and Pemberton osteotomy, have the potential to reduce the value of HipStress in patients with dysplasia. The reduction in surface contact pressure should lead to a more durable joint.

Evidence level: III

Key words: Acetabular dysplasia, surface contact pressure, innominate osteotomy.
(Rev Mex Ortop Ped 2014; 1:20-25)

INTRODUCCIÓN

La displasia del desarrollo de la cadera (DDC), se refiere a un espectro patológico que afecta la relación entre el fémur proximal y el acetábulo con una varie-

* Hospital Shriners para Niños.

dad de expresión que va desde la displasia hasta la luxación de la misma.¹

Uno de cada 1,000 niños nacen con la cadera luxada y 10 de cada 1,000 niños nacen con subluxación o displasia, y aunque la prevalencia varía de acuerdo a la raza, localización geográfica y costumbres sociales, siendo más frecuente en los Americanos y más rara en las personas provenientes de África. Es mucho más frecuente en mujeres, y más comúnmente se presenta en la cadera izquierda.¹

Existen otros factores asociados a la presentación de esta patología como lo es en el primer embarazo, presentación pélvica, oligohidramnios, embarazo múltiple y antecedente familiar entre otros.

La displasia acetabular en presencia de una cadera reducida es un problema frecuente, y la historia natural de una cadera displásica es peor que la de la luxación completa que frecuentemente no causa dolor hasta la quinta década de la vida. Las cargas biomecánicas anormales que se producen en una articulación displásica generan una sobrecarga localizada con lesión de labrum y daño en la unión condrolabral que se degenera con el tiempo produciendo osteoartritis.² La teoría es que estas osteotomías logran una redistribución de las cargas, y por lo tanto una reducción en la presión de superficie de contacto entre el acetábulo y la cabeza femoral.

Existen diversos métodos para determinar la carga a la cual está sometida la superficie articular.³ Algunos autores han afirmado que la teoría del pinzamiento y a las irregularidades en la superficie resultan de mayor importancia que el grado de estrés que ejerce la cadera sobre la superficie de contacto por sí misma; enfatizando la importancia de la presencia de incongruencias articulares y la necesidad que existe en detectar regiones en la superficie de la cabeza femoral con el incremento local de estrés.

El ángulo centro-borde de Wiberg es considerado en ocasiones como un factor decisivo para la realización de un tratamiento quirúrgico, ya que un ángulo menor a 20° se ha asociado a la presencia de osteoartritis temprana; sin embargo, es una medida que no ha sido corroborada y que no es una medida directa o indirecta de la presión de superficie de contacto.⁴

Se ha desarrollado un programa, llamado HipStress, que ya ha sido aplicado en diversas poblaciones para determinar la presión de superficie de contacto de la cadera. Se trata de un modelo matemático que toma en cuenta siete parámetros radiográficos (Figura 1): la distancia entre las caderas (I), la altura pélvica (PC), lo ancho de la pelvis (C), las coordenadas del punto de inserción de los abductores en el trocánter mayor (1, 2, T). El centro-borde de Wiberg (CE).²

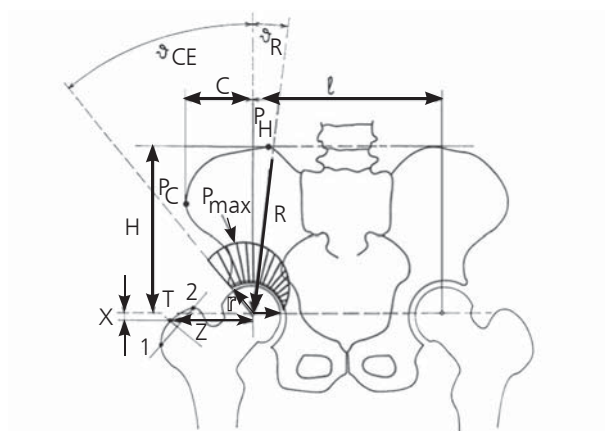


Figura 1. Parámetros radiográficos requeridos para el normograma HipStress. Distancia entre las caderas (I), altura pélvica (PC), ancho de la pelvis (C), coordenadas del punto de inserción de los abductores en el trocánter mayor (1, 2, T), Ce de Wiberg (CE).

Se ha demostrado que la reproducibilidad de las mediciones mediante el programa de HipStress es alto para determinadas mediciones radiográficas como lo es el Centro-Borde de Wiberg, el ancho de la pelvis medido lateralmente desde el centro de la cabeza femoral (C), la distancia entre las caderas, la altura de la pelvis y el radio de la cabeza femoral.

La importancia de este método de estimación es que toma en cuenta la distribución no uniforme del estrés sobre la superficie de contacto; dado a que la mayoría de los modelos biomecánicos consideran a la cabeza femoral como una esfera perfecta.

Se mantiene la hipótesis de que en caderas con una mejor distribución de las cargas postquirúrgicas tendrán un mejor resultado clínico final.² Siendo un buen resultado el no desarrollar osteoartritis en forma temprana. Se ha demostrado un aumento en la presión en la superficie de contacto de aproximadamente un 20 al 36% cuando existe de 1 a 2 mm de escalón o irregularidad en la superficie acetabular respectivamente.⁵

La capacidad de soporte del sitio de carga de superficie cartilaginosa puede variar entre individuos, con personas que pueden tolerar mayores niveles de presión que otros.⁵ En general el objetivo de una osteotomía de iliaco para la corrección de la displasia acetabular es en última instancia la prolongación de la vida útil de la cadera, además de los objetivos iniciales de disminuir el dolor y mejorar la función;^{6,7} sin embargo, el problema al que se enfrenta muchas veces el clínico es que los pacientes con displasia acetabular frecuentemente están asintomáticos, y en estos casos la

cirugía tiene que mostrar mejorar la historia natural de la enfermedad. Es difícil estimar el pronóstico a largo plazo de estas caderas, por lo que utilizamos medidas de proximidad como el centro-borde de Wiberg o la clasificación de Severin para pronosticar la evolución a largo plazo, pero estas medidas no representan condiciones biomecánicas reales de superficie de contacto de la cadera y dependen mucho del evaluador.

Sería de gran utilidad en la toma de decisiones cuando uno se enfrenta a una displasia acetabular saber si efectivamente la cirugía propuesta mejora la presión de superficie de contacto y por lo tanto se traducirá en una articulación más duradera. De otra manera no se puede justificar la cirugía en casos donde el paciente se encuentra asintomático.

Nuestra hipótesis a estudiarse es que la realización de las osteotomías de iliaco como las que fueron descritas por Salter y Pemberton, producirán a una disminución de la presión de superficie de contacto acetabular con una mejor distribución de las cargas.

El objetivo primario de este estudio fue de comparar las presiones de superficie de contacto de la cadera antes y después de una osteotomía de iliaco tipo Salter o tipo Pemberton con caderas normales y con caderas displásicas utilizando un análisis biomecánico.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se estudiaron a 60 pacientes con diagnóstico de displasia del desarrollo de cadera para el grupo estudiado y 10 pacientes sanos de la cadera, los cuales eran atendidos por otras patologías en el hospital y por consiguiente se cuenta con su expediente radiográfico. La edad media de los pacientes al momento del análisis fue de 7.5 años (rango 1.9 a 13.5) (*Cuadro 1* y *Figura 2*).

Únicamente se incluyeron a pacientes con diagnóstico de displasia acetabular, excluyendo a pacientes con luxación, ya que es imposible medir la presión de superficie de contacto en una cadera luxada. Se incluyeron solamente a pacientes con un expediente clínico radiográfico completo, se tenía que tener la medición del peso y de la altura para poder calcular el índice de masa corporal en el mismo momento en que se tomó la radiografía. Se tenía que tener una radiografía anteroposterior de la pelvis en bipedestación con el rayo bien centrado, sin defectos de inclinación del rayo, donde el ala del iliaco midiera no más de 10 mm, más de un lado que de otro para asegurarse que la radiografía estaba bien tomada sin rotación de la pelvis y sin defectos de imagen.

Cuadro 1. Media de HipStress al inicio del estudio.

Caderas sanas	1.66
Caderas displásicas	8.9
Salter	2.9
Pemberton	3.1

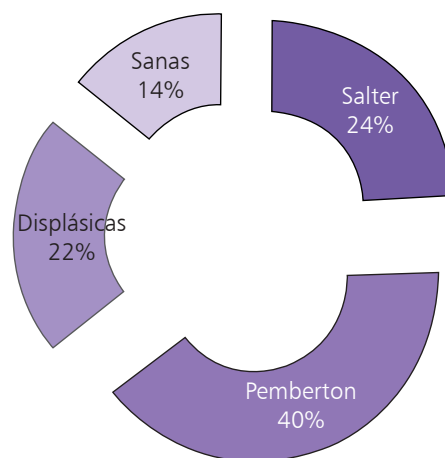


Figura 2. Tabla de distribución de pacientes estudiados. Salter 17 pacientes, Pemberton 28, displásicas 15 y sanas 10.

De las 70 caderas estudiadas a 17 se les realizó una osteotomía tipo Salter, a 28 una osteotomía tipo Pemberton, 15 eran caderas displásicas que no recibieron tratamiento y 10 eran caderas sanas en pacientes con una patología ortopédica que no afectaba a la cadera, pero que contaban con un expediente radiográfico completo donde se contaba con radiografías de pelvis adecuadas. En los casos que se realizó una osteotomía se hizo la medición en forma pre- y postoperatoria, con el seguimiento final siendo al menos 12 meses después de la osteotomía.

Se determinó la presión de contacto de superficie de las 70 caderas utilizando el programa HipStress que es un nomograma calculado utilizando parámetros geométricos de la cadera y pelvis, y el índice de masa corporal se considera un valor normal cuando es menor a 2 MPa (*Figura 1, 2 y 3*).

El análisis estadístico se llevó a cabo con correlaciones de Spearman y Pearson. Se consideró un resultado estadísticamente significativo cuando el valor de la p fue menor a 0.05.

RESULTADOS

La media de HipStress para caderas sanas fue de 1.66 MPa, esto fue considerado el estándar normal; de hecho

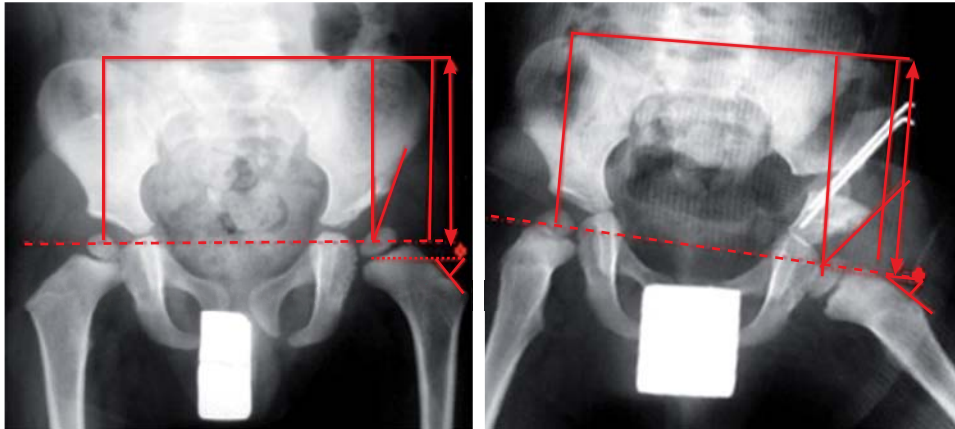


Figura 3.

Paciente sometido a osteotomía tipo Salter. Mediciones pre- y postquirúrgicas.

Cuadro II. Cambio de HipStress después de una osteotomía del iliaco.

Salter	Pemberton
Preqx 7.6	Preqx 8.6
Postqx 2.9	Postqx 3.1
↓	↓
4.7	5.5

estudios previos muestran que un valor menor a 2 son considerados como normales. Para las caderas con displasia la media de HipStress fue de 8.9 MPa, para las caderas a las que se les había realizado una osteotomía tipo Salter fue de 2.9 y para las caderas las que se les había realizado una osteotomía tipo Pemberton fue de 3.1 (Cuadro I).

La disminución en el valor de HipStress fue de 4.7 MPa para las caderas a las que se les hizo una osteotomía tipo Salter; disminuyendo de 7.6 a 2.9 MPa ($p = 0.003$) y de 5.5 MPa para las caderas a las que se les hizo una osteotomía tipo Pemberton disminuyendo de 8.6 a 3.1 MPa ($p = 0.004$) estas diferencias fueron estadísticamente significativas (Cuadro II).

DISCUSIÓN

Como aseguran Vengust et al,⁸ en su publicación del 2001, la zona de carga es mucho más que un parámetro morfológico, depende también de la posición del cuerpo, lo que influye en la dirección y la magnitud de la fuerza resultante en la cadera; por lo que en las caderas displásicas el sitio de mayor estrés puede encontrarse lateralizado o excéntrico,⁹ de cualquier

forma, ciertamente no es una condición estática que se pueda determinar en una radiografía simple. La teoría es que la carga excéntrica de presión de superficie de contacto produce una condición patológica que resulta en un desarrollo acelerado de la coxartrosis.^{10,11}

En el desarrollo del estudio que Vengust et al, realizaron se comprobó que el ángulo centro-borde de Wiberg presenta una correlación con la presión de contacto acetabular, pero hace notar de manera importante que no es el único factor determinante, sino que las medidas radiográficas tomadas en nuestro estudio como lo es la altura pélvica y la distancia entre las cabezas femorales también resultan ser de suma importancia.

Mavcic et al,¹² realizaron una valoración del pico de estrés en el área de contacto junto con la valoración clínica con la escala de WOMAC, además de indicadores radiográficos de osteoartritis, encontrando al igual que en nuestro estudio una relación estadísticamente significativa entre el aumento de la presión de contacto de superficie y los pacientes con displasia de desarrollo de cadera; de la misma manera, ellos demostraron relación directa y significativa entre la presión de contacto de superficie y la presencia de osteoartritis.

Exponiendo como una de las conclusiones más importantes que una presión de contacto de superficie acumulada tiene un valor predictivo positivo para la presencia de osteoartritis temprana, pero una presión de contacto baja no garantiza la ausencia de OA de la cadera en la sexta o séptima décadas de la vida. Esto va de acuerdo a los estudios de historia natural donde se ha demostrado que la supervivencia de una cadera con nunca es igual a una cadera normal, aun cuando los resultados del tratamiento son considerados como exitosos en el corto y mediano plazo,¹³⁻¹⁶ incluso se ha asegurado que las únicas caderas que

han tenido el diagnóstico de displasia y que pueden ser consideradas normales a lo largo de la vida e incluso con un seguimiento a más de 60 años son aquellas que han sido tratadas en forma no quirúrgica antes de los cuatro meses de edad.^{17,18}

Mavcic et al,¹⁹ en el 2004 realizaron un estudio a largo plazo para poder establecer esta asociación encontrando que existía una relación entre la presión de superficie de contacto acetabular bajo y la persistencia de caderas sanas durante la vejez, a pesar de la existencia de factores de confusión como lo es la actividad física y de trabajo durante la vida; condiciones que hacen muy difícil la interpretación de estudios de historia natural.

Nuestros resultados apoyan la hipótesis de que las osteotomías de iliaco como lo son la tipo Salter y Pemberton cambiarán a largo plazo la historia natural de una cadera displásica; retrasando la evolución de la coxartrosis por medio de la redistribución de las fuerzas de contacto de superficie acetabular; sin embargo, es de suma importancia el realizar estudios con mayor seguimiento en tiempo y en volumen de la muestra para poder definir con mayor exactitud la aportación de este tipo de cirugías en los pacientes con DDC; y de la misma manera para poder comparar la efectividad entre los distintos procedimientos quirúrgicos y las edades óptimas para dichos procedimientos.

La limitación de este estudio es que sigue siendo solamente un modelo matemático y no tenemos una manera de poder medir las condiciones reales de superficie de contacto de las caderas *in vivo*. Se trata de una muestra pequeña y con un seguimiento a corto plazo. Se utilizaron radiografías existentes por lo que no se pudo estandarizar la medición de las mismas. Sin embargo, y a pesar de estas limitaciones, es nuestra opinión que los resultados obtenidos serán de gran utilidad para los clínicos en su toma de decisiones clínicas; nuestros resultados permitirán al cirujano explicar a los papás de los pacientes la razón por la cual se está proponiendo un tratamiento quirúrgico además de demostrar en una forma objetiva la mejoría obtenida.

CONCLUSIÓN

Tanto la osteotomía tipo Salter como la tipo Pemberton tienen el potencial de reducir el valor de HipStress en pacientes con displasia del desarrollo de cadera. Sin embargo, los resultados obtenidos posterior a la cirugía son mayores que en controles normales.

La reducción en el HipStress fue mayor después de una osteotomía tipo Pemberton que después de una tipo

Salter; sin embargo, es importante recordar que ambas cuentan con indicaciones quirúrgicas distintas, por lo cual el fin de este estudio no fue compararlas entre ellas, sino pre- y postquirúrgicas entre sus propios grupos; al final, las dos osteotomías disminuyen significativamente de la presión de superficie de contacto de la cadera.

La reducción de la presión de contacto de superficie debe traducirse en una articulación más duradera, en una mejor biomecánica durante la marcha y todas las actividades físicas y por consiguiente en un mejor resultado clínico para nuestros pacientes y de manera esperable, una menor cantidad de intervenciones quirúrgicas a mediano y largo plazo.

Referencias

- Guille JT, Pizzutillo PD, MacEwen GD. Developmental dysplasia of the hip from birth to six months. *Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*. 2000; 8(4): 232-242.
- Mavčič B, Daniel M, Antolič V, Iglič A, Kralj-Iglič V. Contact hip stress measurements in orthopaedic clinical practice. En *Biomechanics: Principles, Trends and Applications*. 2010. Nova Science Publishers, Editor: Jerrod H. Levy, pp. 281-294.
- Daniel M, Antolic V, Iglic A, Kralj-Iglic V. Determination of contact hip stress from nomograms based on mathematical model. *Med Eng Phys*. 2001; 23(5): 347-357.
- Mavcic B, Pompe B, Antolic V, Daniel M, Iglic A, Kralj-Iglic V. Mathematical estimation of stress distribution in normal and dysplastic human hips. *J Orthop Res*. 2002; 20(5): 1025-1030.
- Malkani AL, Voor MJ, Rennert G, Helfet D, Pedersen D, Brown T. Increased peak contact stress after incongruent reduction of transverse acetabular fractures: a cadaveric model. *J Trauma*. 2001; 51(4): 704-709.
- Mavcic B, Kralj M, Antolic V, Kralj-Iglic V. Repeatability of biomechanics computations based on pelvic radiographic measurements of adult dysplastic hips. *Current Orthopaedic Practice*. 2009; 20(5): 557-560.
- Iglic A, Antolic V, Srakar F. Biomechanical analysis of various operative hip joint rotation center shifts. *Arch Orthop Trauma Surg*. 1993; 112(3): 124-126.
- Vengust R, Antolic V, Srakar F. Salter osteotomy for treatment of acetabular dysplasia in developmental dysplasia of the hip in patients under 10 years. *J Pediatr Orthop B*. 2001; 10(1): 30-36.
- Iglic A, Kralj-Iglic V, Daniel M, Macek-Lebar A. Computer Determination of Contact Stress Distribution and Size of Weight Bearing Area in the Human Hip Joint. *Comput Methods Biomech Biomed Engin*. 2002 Apr;5(2):185-192.
- Daniel, M. Contact stresses in the human hip joint-review. *Bulletin of Applied Mechanics* 2.8 (2007): 197-204.
- Brand, Richard A., A. Iglic, and V. Kralj-Iglic. "Contact stresses in the human hip: implications for disease and treatment." *Hip international* 11.3 (2001): 117-126.
- Mavcic B, Iglic A, Kralj-Iglic V, Brand RA, Vengust R. Cumulative Hip Contact Stress Predicts Osteoarthritis in DDH. *Clin Orthop Relat Res*. 2008 Apr;466(4):884-91. doi: 10.1007/s11999-008-0145-3. Epub 2008 Feb 21.

13. Thomas SR, Wedge JH, Salter RB. Outcome at forty-five years after open reduction and innominate osteotomy for late-presenting developmental dislocation of the hip. *J Bone Joint Surg Am.* 2007 Nov;89(11):2341-2350.
14. Matheney T, Kim YJ, Zurakowski D, Matero C, Millis M. Intermediate to long-term results following the bernese periacetabular osteotomy and predictors of clinical outcome. *J Bone Joint Surg Am.* 2009; 91(9): 2113-2123. doi: 10.2106/JBJS.G.00143.
15. Schramm M, Hohmann D, Radespiel-Troger M, Pitto RP. Treatment of the dysplastic acetabulum with Wagner spherical osteotomy. A study of patients followed for a minimum of twenty years. *J Bone Joint Surg Am.* 2003; 85-A(5): 808-814.
16. Terjesen T, Horn J, Gunderson RB. Fifty-year follow-up of late-detected hip dislocation: clinical and radiographic outcomes for seventy-one patients treated with traction to obtain gradual closed reduction. *J Bone Joint Surg Am.* 2014; 96(4): e28. doi: 10.2106/JBJS.M.00397.
17. Terjesen T. Residual hip dysplasia as a risk factor for osteoarthritis in 45 years follow-up of late-detected hip dislocation. *J Child Orthop.* 2011; 5(6): 425-31. doi: 10.1007/s11832-011-0370-2. Epub 2011 Oct 7.
18. Terjesen T, Halvorsen V. Long-term results after closed reduction of late-detected hip dislocation: 60 patients followed up to skeletal maturity. *Acta Orthop.* 2007; 78(2): 236-246.
19. Mavcic B, Slivnik T, Antolic V, Iglic A, Kralj-Iglic V. High contact hip stress is related to the development of hip pathology with increasing age. *Clin Biomech (Bristol, Avon).* 2004 Nov;19(9):939-143.

Correspondencia:

Dra. Rosa Daniela Ayala Ruiz
Av. del Imán Núm. 254,
Col. Pedregal de Santa Úrsula, 04600,
Del. Coyoacán, México, D.F.
E-mail: nielayala@hotmail.com
pablocastaneda@me.com