



UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN  
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS  
DOCTORADO EN CIENCIAS FÍSICAS

---

# APLICACIONES CON UNA PINZA ÓPTICA EN LA FÍSICA DE LA MICROESCALA

Profesor Guía: Dr. Carlos Saavedra Rubilar.

Tesis para ser presentada a la Dirección de Postgrado de la  
Universidad de Concepción

---

JUAN PABLO STAFORELLI VIVANCO  
CONCEPCIÓN - CHILE  
AGOSTO - 2010

Una pinza óptica (OT, *optical tweezers*, por su sigla en inglés) es una herramienta que utiliza una técnica particular de atrapamiento óptico de objetos microscópicos por medio luz laser focalizada con lentes objetivos de gran aumento y de alta apertura numérica (AN).

Esta herramienta permite confinar y desplazar, en forma estable y no destructiva, partículas de tipo orgánico e inorgánico en escalas que van desde lo micrométrico, glóbulos rojos y bacterias, hasta lo sub micrométrico. Su aplicación ha permitido acceder a límites de control de fuerzas jamás esperados hasta ahora. Fuerzas del orden de los picoNewton, equivalente al peso de una diminuta gota de agua en suspensión de vapor, son ahora posibles de ejercer y medir.

La evolución propia de esta técnica, combinada con nuevas herramientas de detección y control, ha permitido avances significativos en distintas áreas de la ciencia. En este sentido, la emergente biofotónica es el ejemplo más claro. Esta área de investigación incluye la ciencia y la tecnología de las interacciones de fotones dentro y sobre los sistemas biológicos, tales como el estudio *in-situ* de las propiedades mecánicas y termodinámicas de los *ladrillos fundamentales* de la vida; motores moleculares, ADN, entre muchos otros. Así también, la física e ingeniería del atrapamiento de átomos han emergido naturalmente de esta técnica.

Una pinza óptica basa su funcionamiento en la capacidad de reducir un haz laser a dimensiones espaciales muy pequeñas, de modo de conseguir un gradiente de intensidad de campo en la región de atrapamiento. En estas regiones, las fuerzas de scattering óptico, o de *empuje*, sobre la partícula son balanceadas por las fuerzas de gradiente de campo producidas por la variación de intensidad del perfil del laser, consiguiendo el confinamiento deseado. Esto se consigue, en la práctica, enfocando el laser con un lente objetivo de microscopio de alta apertura numérica (AN: 1.2-1.4).

La presente tesis incluye la descripción de dos contribuciones en esta área. En el ámbito de la ciencia de imágenes y biofotónica, el Cap. 2 presenta un método que permite obtener imágenes en superresolución de los objetos atrapados mediante el registro subpixel del movimiento browniano, tanto

en partículas de calibración inorgánicas como bacterias vivas, empleando para esto cámaras de alta velocidad. Por otro lado, hacia el desarrollo de nuevas técnicas de atrapamiento, el Cap. 3 estudia la formación y propagación en 3D de un campo de speckle estructurado en torno del foco de una lente en un montaje de pinza óptica. La característica distribución del campo se propone como candidato para crear condiciones de atrapamiento óptico a escalas submicrométricas.

