



UNIVERSIDAD NACIONAL DE MAR DEL PLATA  
.....  
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES  
DEPARTAMENTO DE FÍSICA

**RESONANCIA ESTOCÁSTICA  
EN SISTEMAS EXTENDIDOS:  
PAPEL DEL POTENCIAL FUERA DEL EQUILIBRIO**

BERNARDO VON HAEFTEN

Tesis presentada para optar al grado académico de Doctor en Ciencias Físicas

Director: *Dr. Horacio S. Wio*

25 de agosto del 2005  
Mar del Plata, República Argentina



*A mis padres*  
*A mis tres hermanas*  
*A mi hermano*



# AGRADECIMIENTOS

En esta página quiero agradecer:

Al Dr. Horacio Wio por haberme asesorado en el trabajo de tesis de doctorado y por sus consejos sobre la redacción de esta tesis de doctorado.

A los doctores Sebastián Bouzat, Gonzalo Izús, Alejandro Sánchez, Sergio Mangioni y Roberto Deza por la colaboración y discusiones sobre diversos aspectos de las publicaciones conducentes a este trabajo.

Al doctor Rubén Buceta por su valiosa colaboración en los trámites relacionados con la defensa de tesis.

Al Departamento de Física (FCEyN) por el uso de sus computadoras e impresoras, que me sacaron de muchos problemas.

Al grupo de Física Matemática y Computacional (Dpto. de Física, FCEyN) por insertarme en sus proyectos de investigación.

Lo más importante *un enorme agradecimiento a mis padres, por su gran apoyo.*



# RESUMEN

Esta tesis analiza la *resonancia estocástica* en sistemas finitos espacialmente extendidos o acoplados, modelados por *ecuaciones de reacción-difusión*, sujetos a la acción de ruido aditivo o multiplicativo y una señal temporalmente periódica. El objetivo es determinar las características relevantes de los sistemas que puedan dar lugar al incremento de la respuesta de estos sistemas a la acción conjunta de modulación y ruido. En la resonancia estocástica la respuesta de un sistema no lineal sujeto a una señal temporal de pequeña amplitud en presencia de una intensidad óptima de ruido presenta uno o más máximos; en esta tesis la respuesta está representada por la *relación señal-ruido* a la salida del sistema. Esta relación está determinada por la densidad espectral de potencia, obtenida a partir de la función de autocorrelación calculada mediante una generalización de la *aproximación adiabática de dos estados*. La relación señal-ruido obtenida es función de las tasas de escape entre los atractores o estados estacionarios, que contienen información de la dinámica a través del *potencial fuera del equilibrio*.

Los sistemas analizados presentan algunas de las siguientes características: *acoplamientos locales*, de tipo difusivo, donde la difusividad puede depender del campo; *acoplamientos no locales*, representados por un término integral en el espacio cuyo núcleo de integración puede tomar distintas formas, y *ruidos multiplicativos* que en forma simultánea generan las estructuras espaciales y permiten la resonancia estocástica. El objetivo principal de la tesis es tratar de encontrar, a través de estas características, formas de controlar o incrementar la relación señal-ruido, analizándolas en términos del potencial fuera del equilibrio.

Hemos encontrado que los acoplamientos locales, correspondientes a difusividad dependiente del campo, permiten una mejora de la relación señal-ruido; cuando los acoplamientos están asociados a un término integral no local con un núcleo de rango variable, encontramos un efecto de resonancia estocástica en función del rango del núcleo. Hemos verificado la presencia de la *resonancia estocástica con el tamaño del sistema* en algunos de los sistemas anteriores, donde se presenta un máximo en la relación señal-ruido para un tamaño óptimo del sistema, manteniendo fija la intensidad de ruido.