

# Ceros de Textura en el Sector Leptónico

Propuesta proyecto de Investigación  
del profesor

YITHSBEY GIRALDO ÚSUGA

UNIVERSIDAD DE NARIÑO  
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales  
Departamento de Física  
Noviembre 2015  
Pasto, Colombia



## Información general del proyecto

Titulo del proyecto	Ceros de Textura en el Sector Leptónico			
Entidad beneficiaria	Universidad de Nariño			
Duración del proyecto	24 meses			
Costo total del proyecto	\$ 0			
Monto solicitado	\$ 0			
Monto total de la contrapartida				
Contrapartida de la entidad beneficiaria	En efectivo		En Especie	
Lugar de ejecución	Ciudad	Pasto	Departamento	Nariño
Persona responsable del proyecto	Yithsbey Giraldo		Empresa	Cargo
			Universidad de Nariño	Docente

Programa Nacional de Ciencia y Tecnología a la cual aplica el proyecto			
Electrónica, telecomunicaciones e informatica	<input type="radio"/>	Ciencia y tecnología agropecuaria	<input type="radio"/>
Desarrollo tecnológico, industrial y calidad	<input type="radio"/>	Estudios científicos en educación	<input type="radio"/>
Ciencia del medio ambiente y habitat	<input type="radio"/>	Ciencias sociales y humanas	<input type="radio"/>
Investigación en energía y minería	<input type="radio"/>	Ciencia y tecnología del mar	<input type="radio"/>
Ciencia y tecnología de la salud	<input type="radio"/>	Ciencias básicas	<input checked="" type="radio"/>
Biotecnología	<input type="radio"/>		

### 1. Resumen

En el presente proyecto, se plantea la idea de estudiar sistemáticamente los ceros de textura del sector leptónico que surgen de las transformaciones de base débil, considerando que los neutrinos pueden ser de Dirac o de Majorana y tratar de encontrar las relaciones invariantes para los ángulos de mezcla leptónicas, asumiendo una jerarquía normal para las masas de los neutrinos y que sean compatibles con las estructuras naturales de las matrices de masa del sector leptónico. Intentaremos obtener una visión amplia sobre el número máximo de ceros



textura que se pueden incorporar en estas matrices de masa sin y con implicaciones físicas. También se investigará sobre la importancia de la masa efectiva en el decaimiento doble beta de neutrinos, que nos dará ideas sobre la determinación de la estructura de las texturas de estas matrices de masa.

En concreto, este proyecto busca entender las masas y mezclas del sector leptónico. Este entendimiento nos permitirá dilucidar mejor de lo que está hecha la materia y sus interacciones. Nos puede ayudar a confirmar o a rechazar algunas teorías actuales de la física de partículas. Esto nos va a permitir producir material académico que puede ser publicado y socializado en las más prestigiosas comunidades científicas del mundo.

## 2. Planteamiento del problema

El problema que planteamos y que queremos resolver es muy concreto: hacer una búsqueda sistemática del máximo número de ceros de textura (o entradas nulas) que se pueden lograr en las matrices de masa del sector leptónico, y que al mismo tiempo arrojen valores de masa y mezcla que se ajusten a los datos experimentales. Los ceros de textura se pueden ver como simetrías del modelo, que reducen el número de parámetros libres de la teoría, y que llevan a relaciones entre las cantidades físicas que se pueden predecir.

Podría pensarse que esto de buscar ceros de textura ya se ha hecho en muchos papers. Como una muestra de ello menciono algunos de estos trabajos[1-13]. Pero mis investigaciones previas me ha dejado la enseñanza de quizás todavía haya más cosas por decir. Por ejemplo, en mi paper[14] donde hice una búsqueda de ceros de textura en el sector de quarks del Modelo Estándar, me encontré con varias matrices de masa con cinco ceros de textura que se ajustaban a los datos experimentales, y que varios autores ya los habían descartado o no considerado[14-17]. Tanto fue así, que mi paper generó un "comment"[18] en el que se rechazaban mis resultados, a lo cual hice un "reply" que mostraba definitivamente la validez de mis procedimientos y conclusiones[19]. Por tal motivo quiero seguir trabajando con ceros de textura, ahora para el sector leptónico, pensando que quizás me encuentre con resultados interesantes.

## 3. Marco Teórico

### 3.1. Fundamentos

Lo primero es que se han hecho importantes progresos en comprender el patrón de masas leptónicas y sus mezclas[1,20-23], pero el entendimiento de la física del sabor en el sector leptónico tiene todavía muchas incógnitas: como por ejemplo la razón de la existencia de grandes diferencias en los órdenes de magnitud de las masas de las partículas y los ángulos de mezcla, y la posible existencia de violación CP en el sector leptónico. Una manera usual de resolver estas dudas es a través de simetrías fundamentales. Las simetrías más simples en este contexto son Abelianas. Tales simetrías pueden ser usadas para imponer ceros de textura en las matrices de masa a fin de hacerlas predictivas[2-4]. O al contrario, al imponer ceros de textura en las matrices de masa, siempre se pueden encontrar las simetrías que originan estos ceros de textura[5-6]. El descubrimiento de las oscilaciones de neutrinos apunta hacia la existencia de



neutrinos masivos, con grandes mezclas leptónicas; que han generado un intrigante enigma del sabor. Por el momento hay dos posibles escenarios para los neutrinos: que sean fermiones de Majorana o de Dirac. Ambos casos han sido estudiados para encontrar los correspondientes ceros de textura en sus matrices de masa [7-10,24].

Lo segundo es que a pesar de los extensos estudios que se han hecho sobre los ceros de textura en las matrices de masa leptónicas, éstos dependen de extensiones del sector escalar adecuado para las simetrías Abelianas [5-6], lo cual ofrece un amplio abanico de posibilidades. Por otro lado, hay una motivación extra para introducir ceros de textura en el sector leptónico, a saber, el hecho de que sin una apelación a la teoría, no es posible reconstruir completamente entradas experimentales factibles de la matriz de masa del neutrino ( $m\nu$ ) que surgen del experimento. Y se ha demostrado que esto es posible si uno postula la presencia de ceros de textura en  $m\nu$  [25]. Así que tenemos un problema abierto aún con muchas incógnitas por resolver, donde los ceros de textura juegan un papel preponderante.

### 3.2. Antecedentes

Como lo he dicho anteriormente, se han hecho varias investigaciones sobre ceros de textura en el sector leptónico [1-13]. Los ceros de textura fueron propuestos inicialmente por Weinberg y Fritzsche [26-27]. Recientemente se ha demostrado que algunos ceros de textura no tienen significado físico visto que pueden ser obtenidos a partir de matrices de masa fermiónicas arbitrarias haciendo transformaciones unitarias apropiadas conocidas también como transformaciones de base débil (weak basis (WB) transformations) [11,16]. Tales transformaciones permiten obtener un máximo de tres ceros de textura no físicos. Cualquier cero de textura adicional se supone tiene implicaciones físicas.

Entre los logros alcanzados con los ceros de textura está el de reducir el número de parámetros libres, incrementando de esta manera el poder predictivo de los patrones de sabor. Estos ceros aparecen de forma natural en teorías con un sector escalar extendido en la presencia de simetrías Abelianas [2-7]. Se ha demostrado en la base de sabor donde las matrices de masa de los leptones cargados es diagonal, que las matrices de masa de los neutrinos con más de dos entradas nulas independientes, no son compatibles con los datos experimentales de oscilaciones de neutrinos, mientras que siete modelos sólo con dos ceros si son viables, como lo mostró Frampton, Glashow and Marfatia (FGM) en la referencia [28] y posteriormente estudiados en [29-30]. En este caso se tiene cuatro parámetros complejos, de los cuales nueve cantidades físicas deberían ser determinadas (tres masas de neutrinos, tres ángulos de mezcla, una fase CP de Dirac y dos fases de Majorana), asumiendo que los neutrinos livianos son partículas de Majorana. También se han considerado texturas híbridas [31-32], que tienen un cero de textura y dos elementos no nulos iguales, que implica el mismo número de parámetros físicos como en las texturas FGM. Para el caso de matrices de masa no diagonales en los leptones cargados, se pueden construir estructuras restrictivas. Por ejemplo, se pueden considerar escenarios en los que las matrices exhiben estructuras paralelas [33-34], con elementos nulos ubicados en las mismas posiciones [35-37]. Y recientemente, se ha realizado un estudio detallado de ceros de textura en matrices de masa leptónicas para los casos de neutrinos de Dirac y de Majorana, teniendo en cuenta estructuras matriciales paralelas y no paralelas [5].



## 4. Objetivos

### 4.1. General

- Buscar el número máximo de ceros de textura de las matrices de masa del sector leptónico, a fin reducir el número de parámetros libres, que estas matrices sean compatibles con las observaciones experimentales, y que además tengan un poder predictivo para hacer nueva física.

### 4.2. Específico

Objetivo Específico	Resultado Esperado
Analizar las cantidades físicas obtenidas y las predicciones dentro los márgenes de error.	Aquí obtendremos modelos físicamente viables que nos permitirá publicar nuestros resultados en revista indexadas.
Hacer un estudio amplio de la literatura existente sobre ceros de textura en el sector leptónico.	De este estudio pretendemos aprender las técnicas físicas y matemáticas necesarias para poder avanzar en nuestra investigación.
Estudiar las técnicas físicas y matemáticas provenientes de la extensión del sector escalar a fin de imponer simetrías Abelianas.	Estas simetrías Abelianas dan como resultado los ceros de textura necesarios en nuestro proyecto a fin de lograr modelos coherentes y predictivos.
Aplicar los ceros de textura en las matrices de masa del sector leptónico a fin de reproducir las cantidades físicas medidas en los laboratorios y las no medidas aún, sin evidencias experimentales.	Aquí encontramos las cantidades físicas experimentales conocidas, entre ellas las masas de los leptones cargados y sus mezclas, y predecir cantidades físicas no medidas experimentalmente hasta el momento, como las masas de los neutrinos, el decaimiento beta-beta y las dos posibles fases de Majorana.
Interactuar con otras comunidades académicas.	Pensamos en invitar a nuestro claustro académico a un reconocido científico, especialista en el tema, que nos dicte algunas charlas y nos dé algunas sugerencias sobre nuestro tema de investigación.
Asistir a congresos científicos relacionados con el tema.	Pensamos en asistir a algunos congresos de física, con el fin de aprender más sobre nuestra investigación, y presentar también nuestros avances.

## 5. Justificación

La justificación de realizar este proyecto contiene tres aspectos: teórico, metodológico y práctico.



1. En el primer aspecto se debe mencionar que mi proyecto es en su mayor parte teórico, y como tal debemos resolver un problema que aún no se ha entendido completamente, que tiene que ver con el patrón de masas leptónicas y de mezclas. En las observaciones cosmológicas, en experimentos de neutrinos en los aceleradores, en reactores, en la atmósfera y el sol, se ha obtenido una gran cantidad de información sobre las masas de los neutrinos y mezclas[38-40]. Se ha experimentado para detectar la fase CP de Dirac, y se piensa que la violación CP en el sector leptónico puede ser observado muy pronto en experimentos de oscilaciones de neutrinos, convirtiéndose en uno de los principales objetivos de las investigaciones experimentales recientes en la física de neutrinos[41]. Así que uno de los principales motivos de nuestra investigación es engranar los modelos teóricos de ceros de textura con estos resultados experimentales y tratar de hacer predicciones.
2. La metodología de esta investigación nos va a dejar muchas enseñanzas, que pueden ser aplicadas en investigaciones posteriores. Y valga decir que la metodología ya la empezamos en mi trabajo[14], que aquí seguiré implementado para encontrar modelos teóricos de ceros de textura en el sector leptónico que se ajusten a los datos experimentales, con lo que se puede desarrollar nueva física. Vamos a tratar de interactuar con otras comunidades académicas a fin de enriquecer nuestra investigación y compartir nuestros avances.
3. Desde el punto de vista práctico nuestras investigaciones van a ayudar a los propios experimentalistas en la búsqueda de nuevas señales leptónicas. Quizás esto nos dé razones claras sobre si los neutrinos son partículas de Majorana o de Dirac. Estas investigaciones pueden arrojar caminos hacia las Teorías de Gran Unificación (GUT) y se pueden revelar nuevas simetrías. Podrían haber nuevos tipos de neutrinos, como los neutrinos estériles.

Entre los beneficios obtenidos de nuestro proyecto tenemos los productos académicos que incluyen artículos científicos publicados en las revistas más importantes del mundo, la asistencia a charlas científicas, participación en congresos, que sin duda van a repercutir en la reputación académica de la institución. Nuestra investigación va a mejorar la calidad educativa, ofreciendo a nuestros estudiantes un mejor nivel académico al permitirles participar en estas investigaciones. La enseñanza-aprendizaje se va a mejorar, y los estudiantes tendrán recursos para asistir a congresos científicos, y las ayudas económicas del pago de matrículas y los recursos educativos adquiridos les va a permitir dedicarse con mayor profundidad en sus estudios.

## 6. Metodología

Lo primero que vamos a hacer es un estudio detallado de la literatura disponible sobre los ceros de textura en el sector leptónico. Esto también va a incluir los resultados provenientes de la experimentación en los aceleradores de partículas, en las observaciones cosmológicas, atmosféricas y de las emisiones solares, que vamos a tener en cuenta para corroborar nuestros resultados. La mayor parte de la literatura consultada va a provenir de la base de datos de la física de altas energías: "<http://inspirehep.net/>", que es bastante completa en este sentido.

Debo mencionar que una de mis herramientas favoritas es precisamente las transformaciones de base débil, que usé extensa y exitosamente en el sector de quarks[14], y que también se puede implementar en el sector leptónico[11]. Esta transformación genera algunos ceros de textura sin



significado físico. Pero como mencionaron los autores de [11], texturas de cuatro ceros no se pueden lograr con transformaciones de base débil, así que estas estructuras sí tienen significado físico. Mi tarea sería ver si se pueden lograr más de cuatro ceros de textura y las consecuencias físicas que estos resultados tendrían.

Un esquema tentativo del proyecto puede empezar dando las características más relevantes de los ceros de textura del sector leptónico, y luego estudiar las implicaciones experimentales de estos modelos, básicamente en lo referente a la búsqueda de nuevas señales en las masas y mezclas leptónicas. Finalmente, dar los resultados y conclusiones.

## 7. Identificación y caracterización de la innovación propuesta

Nuestro trabajo pretende dar respuesta a las incógnitas presentes actualmente en la física de partículas, principalmente en el sector leptónico. Que los neutrinos tengan masa y que hayan grandes mezclas en el sector leptónico son enigmas aún por resolver. Una manera de resolverlos es introduciendo ceros de textura, que es precisamente el camino propuesto en nuestra investigación. Los resultados de este trabajo se socializarán en congresos y seminarios. Se pretende publicar los resultados de la investigación en revistas de física indexadas.

## 8. Impactos Esperados

Descripción	Tipo
Nuestro proyecto de investigación permite consolidarnos a nivel nacional en investigación básica e impulsar a nuestra entidad en este aspecto, aparte de la formación investigativa que va a recibir algunos de nuestros estudiantes.	Consolidación de capacidades para realizar actividades de I&D en la entidad.
La vinculación de dos estudiantes de física, les permite recibir formación en investigación: tales como como dónde consultar información científica, aprender a manejar software en la publicación científica, aprender a escribir sus reportes científicos, participar en congresos, exponer sus trabajos, entre otras cosas.	Formación de recursos humanos en investigación, nuevas tecnologías y en gestión tecnológica
El impacto se refleja en la publicación de artículos científicos en revistas idexadas.	Impactos científicos y tecnológicos del proyecto en las entidades participantes.



Debido a que estamos haciendo investigación en física básica. Nuestra investigación permite entender mejor la materia y sus interacciones. Lo que genera nuevos conocimientos y aplicaciones.

Impactos científicos y tecnológicos del proyecto en las entidades participantes

Los productos de esta investigación, reflejada en artículos científicos, ponencias, participación en congresos, va a permitir promocionar la Universidad, y mostrarla como una institución con un buen desarrollo académico e investigativo.

Impactos sobre la productividad y competitividad de la entidad beneficiaria o el sector relacionado

Esta investigación va a mejorar la productividad académica de la Universidad y mejorar la calidad de sus egresados.

Mejoramiento de la productividad y la calidad

Esta investigación va a mejorar el clima organizacional de la Universidad y en especial del Departamento de Física, donde sus estudiantes piden apoyo para la participación en investigación.

Mejoramiento del clima organizacional

La comunidad académica profesoral y estudiantil del Departamento de Física se va a ver beneficiada con este proyecto: pues permite a los estudiantes participar en proyectos de investigación e interaccionar con otras comunidades académicas a través de congresos, seminarios y escuelas.

Regiones y comunidades beneficiadas por el proyecto

## 9. Cronograma de actividades

Número	Actividad	Mes de Inicio	Duración en Meses
1	Revisión bibliográfica de los cerros de textura	1	6
2	Análisis de un Modelo Simple, de varios cerros de textura	7	4
3	Reporte Actividades	11	1
4	Estudio del Problema Fundamental	12	6
5	Investigación y Publicación	18	7

## 10. Presupuesto

Este proyecto de investigación no cuenta con ningún rubro de investigación. Lo único que se otorga son cuatro horas de descarga académica.