

Universidad Mayor de San Andrés
Facultad de Ciencias Puras y Naturales
Carrera de Física
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES FISICAS
64 Aniversario, 70 años de actividad científica

2016, La Paz Bolivia

1. Presentación

El *Instituto de Investigaciones Físicas (IIF)*, es dependiente de la Carrera de Física de la Facultad de Ciencias Puras y Naturales (FCPN) de la Universidad Mayor de San Andrés (UMSA), fué creada el año 1952 para dedicarse en grán parte al estudio de los Rayos Cósricos en altura. Con los años el IIF ha incrementado las líneas de investigación, actualmente són: Física de la Atmósfera, Física Teórica, Geofísica, Física Aplicada y Rayos Cósricos, Los ambientes son cuatro diferentes predios, la primera comparte oficinas y laboratorios con la Carrera de Física en el Campus Universitariod de Cota cota, la segunda el Observatorio en la Montaña de Chacaltaya, el tercero en Villa Remedios y el cuarto en Patacamaya. La modalidad de investigación responde a un estricto reglamento interno de aprobación, control y defensa final de proyectos, fruto de la dedicación de 64 horas de las 160 mensuales. Los resultados se publican en el Resumen de labores, en la Revista Boliviana de Física y en Revistas Internacionales. En Recursos Humanos son 27 investigadores, la mayoría con títulos doctorales, y 24 administrativos entre asistentes, técnicos y otros. Los fondos para la investigación provienen del TGN y de los convenios de colaboración con importantes centros internacionales de investigación, en estos años también se suma los recursos IDH. Un elegante relato histórico se encuentra en el libro *Medio Siglo de Ciencia en Bolivia* ¹

2. Reseña

Nace con la construcción de un *Observatorio de Rayos Cósricos* en la Montaña de Chacaltaya, dentro del Parque Nacional (declarado así mediante el Decreto Supremo N°140/42 de 4 de julio de 1942). La construcción de dicho observatorio data de 1952 (a través del Decreto Supremo Nro. 02921 de 9 de enero de 1952), estableciéndose de esta forma como el primer instituto dedicado al estudio de Rayos Cósricos en altura. Los trámites fueron realizados por el Dr. Ismael Escobar docente de Ciencias Exactas de la UMSA. Con los años, los estudios y sus correspondientes publicaciones, fueron internacionalmente reconocidos.

Para lograr este interesante nacimiento del IIF concurren tres aspectos que podemos destacar, el primero es la existencia del Servicio Meteorológico de Bolivia creado el año 1942, para apoyar los trabajos del Ministerio de Agricultura sobre estudios de la climatología local dirigida por el Dr. Ismael Escobar. Esto fue posible gracias al camino construido por el Club Andino Boliviano facilitando el acceso a la montaña. El segundo aspecto fue la llegada a Bolivia el año 1946 del Físico Cesar Lattes (brasileño) para colocar detectores de Emulsiones Nucleares en sitios de gran altura con el objetivo de detectar cierto tipo de partículas producidas por los rayos cósricos al ingresar a nuestra atmósfera. Luego de varios meses de exposición, al revelar y estudiar las trazas dejadas por los Rayos Cósricos, se evidencia el decaimiento de una nueva partícula: el mesón π y su decaimiento en mesón μ . El tercer aspecto y muy importante fue, que el nuevo descubrimiento del mesón π y su decaimiento en mesón μ partículas constituyentes de la materia y responsables de las fuerzas nucleares, fue prevista teóricamente por el Prof. Hideki Yukawa por lo que se hizo acreedor al Premio Nobel de Física el año 1949 y por la importancia de la técnica utilizada el Prof. Cecil F. Powell de la Universidad de Bristol (Gran Bretaña) obtuvo el mismo premio en 1950.

Estos aspectos hacen que el Dr. Ismael Escobar, alentado por varios científicos del exterior

¹Es autor del libro *Medio Siglo de Ciencia en Bolivia* de 56 páginas, el académico Dr. Carlos Aguirre Bastos, editado el año 1996 por la Fundación Universitaria Simón I. Patiño, en conmemoración al aniversario del Laboratorio de Física Cósrica de Chacaltaya

del país, presente en 1949 al Consejo Universitario el proyecto de creación de un laboratorio de investigación científica en física de Rayos Cósmicos que sería ubicado en Chacaltaya. Finalmente el Gobierno declara este proyecto como “*necesidad y utilidad pública*” en 1952 y se construye el Observatorio, dando inicio a la actividad científica en Física Cósmica.

El año 1970 el Laboratorio cambia de nombre a IIF debido a que en 1966 La Universidad decidió concentra las materias básicas en el *Instituto de Ciencias Básicas* (Posteriormente Facultad de Ciencias Puras y Naturales), Fué el mismo Dr. C. Aguirre el encargado de esta transformación.

Hasta el año 1996, como cuenta el Dr. Carlos Aguirre en su libro *Medio siglo de Ciencia en Bolivia*, se destacan en Artículos publicados 600 contribuciones originales, Monografías 78, Tesis de Grado (Licenciatura, Maestría y Doctorado) 120 y Resúmenes de labores 30. Todos los trabajos fueron realizados bajo convenios de colaboración con grupos de científicos de todos los continentes y los resultados fueron presentados en las máximas instancias científicas.

Los grupos antes mencionados, fueron naciendo por las necesidades de ampliar proyectos en física, siguiendo la evolución semejante a países desarrollados, aunque el factor económico siempre fué difícil, los cinco grupos se consolidaron.

El año 2012, se da un renacimiento del Laboratorio de Chacaltaya, vuelve a crecer esta vez en el estudio del clima. El trabajo de varios años del Dr. Francesco Zaratti logra atraer el interés de la World Meteorological Organization (WMO) para construir el tercer laboratorio en Sud América para estudio de cambios climáticos. En su informe “*Puesta en operación de la Estación Regional de Cambio Climático del Global Atmosphere Watch (GAW/WMO) en el monte Chacaltaya*” destaca que se cuenta con los instrumentos más avanzados para dicho estudio de interés mundial y se inaugura con mucho orgullo de continuar haciendo ciencia en altura.

En esta década se ha visto intenso trabajo en física teórica y en consecuencia la mayor cantidad de publicaciones en la Revista Boliviana de Física. Otro campo fué el de Física aplicada que impulsados por la relación Sociedad Universidad se activan temas de Ciencia de Materiales, esta vez con recursos del IDH.

En materia de Servicios se tiene la capacidad de realizar proyectos que pueden competir fácilmente en la solución de problemas tecnológicos, estos se describirán mas adelante.

3. Objetivos

Realizar experimentos de acuerdo a proyectos presentados por los investigadores y los resultados publicar en revistas nacionales e internacionales.

Crear y mantener las condiciones necesarias para sostener y desarrollar la investigación científica.

Convertir a la investigación en el sustento material para el desarrollo y mejoramiento académico de la Carrera de Física a fin de producir profesionales en física con una sólida formación científica.

Impulsar el desarrollo de la labor creativa científica de manera que permita que el docente pueda ir más allá de la simple asimilación teórica y repetición del conocimiento ya existente.

Impulsar la investigación en áreas de interés económico - social del país.

Impulsar la investigación en áreas específicas en relación a las condiciones y oportunidades especiales en el país. Los proyectos de investigación que se desarrollan son un soporte para la oferta y desarrollo de temas de tesis para los estudiantes.

Passar al postgrado en Física teniendo como sustento la investigación que se realiza en el IIF.

4. Recursos Humanos

El personal comprende; Investigadores, Técnicos y Administrativos de Apoyo, en el siguiente cuadro se detallan los investigadores que ocupan 64 horas de su tiempo mensual en actividades de investigación.

Investigadores (27)	Phd	MSc	Lic.	
Titulare	13	5	9	
Administrativos (24)	Phd	Lic.	T.Med.	Aux.
Técnicos Investigacion	1	4	5	6
Choferes			3	
Administracion		1	2	2

<p>Ing. Pedro P. Miranda Director IIF</p> <p>Sec. Paola Quintela Adm Lic. Mabel Agramont Freyd Marta Flores Filiberto Luna Natalio Choque</p>

<p>Física Cósmica</p> <p>Dr. Rolando Ticona Msc. Mirko Rajjevich Dr. Martín Subieta Dr. Hugo Rivera [Msc.Javier Quispe]</p> <p>Tecn. Invest.. Juan Salinas Lic. Carlos Nina</p> <p>Miguel Villca Diego Katari Juan Laura Roberto Ayala Gonzalo Carrasco Javier febrero Hugo</p>	<p>Física de la Atmósfera</p> <p>Dr. Marcos Andrade Dr. Luis Blacutt Lic. Ricardo Forno Lic. Rene Gutierrez</p> <p>Tecn. Invest. ... Ing. Fabricio Avila Dr. Isabel Moreno Lic. Fernando Velarde</p>	<p>Física Teórica</p> <p>Dr. Marcelo Ramirez Dr. Diego Sanjinés Dr. Armando Ticona Dr. Deterlino Urzagasti Dr. Wilfredo Tavera Lic. Roy Bustos [Dr.Marcelo Calcina] [Lic.]</p> <p>Tec. Invest. Lic. Jakein Glasinovich</p>	<p>Geofísica y Meteorología</p> <p>D.Ing. Edgar Ricaldi Msc. Rene Torrez</p> <p>Técnicos Enrique rodríguez Roberto Ramos Hugo Monasterios</p>	<p>Física Aplicada</p> <p>Dr. Flavio Guezzi Lic. Eduardo Palenque</p> <p>Téc. Inv. Orlando Limachi</p> <p>servicios Nelson Encinas Policarpio Valencia</p>
---	--	---	---	--

5. Áreas de Investigación

Las líneas de investigación del Instituto de Investigaciones Físicas se desarrollan en cinco grupos de investigación: Rayos Cósmicos, Física de la Atmósfera, Física Teórica, Geofísica y Física Aplicada.

El IIF para lograr sus objetivos de investigación, cuenta con cuatro predios que están ubicados en: Campus de Cota Cota, Chacaltaya, Villa Remedios y Patacamaya. En el Campus de Cota Cota se encuentra la oficina central donde cada grupo cuenta con su oficina y/o laboratorio para la ejecución de los proyectos.

La modalidad de presentación de proyectos responde al reglamento interno que consiste en exposición oral de los trabajos, ante docentes y estudiantes, en las etapas de: Aprobación de Proyectos de Investigación el mes de septiembre, Control de Avance de Proyectos en el mes de mayo, y Presentación Final de forma oral y escrita el mes de agosto. Durante

el mes de septiembre se realiza la Evaluación Anual Docente basándose en el informe de cada grupo.

5.1. Física Cósmica

Integrantes: Dr. Hugo Rivera, Dr. Martin Subieta, Dr. Rolando Ticona, M.Sc. Mirko Raljevic, Ing. Pedro Miranda, Tec. Juan Salinas, Lic. Carlos Nina.

Es el grupo más antiguo del IIF. Los proyectos se realizan principalmente en el Laboratorio de Chacaltaya mediante experimentos permanentes, en los que la actividad científica radica en el estudio de partículas fundamentales, decaimientos, la composición química, las fuentes puntuales provenientes del cosmos y astronomía de rayos gamma, entre otros. El rango de energía de $10E15$ a $10E17$ eV es de mayor estudio y es en el que Chacaltaya ha realizado mayores aportes.

Los experimentos que actualmente están en funcionamiento son:

5.1.1. Monitor de Neutrones Solares (SNM)

Solar Neutron Monitor (SNM).- Este experimento en colaboración con el Laboratorio del Medio Ambiente Solar-Terrestrial de la Universidad de Nagoya y la UMSA, se inició el 21 de septiembre de 1992, gracias a su gestor el Prof. Y. Matsubara. Es útil para el estudio de neutrones solares discriminando protones, está destinado a la observación de las erupciones solares, discrimina la energía de los neutrones y a partir de esta información se deduce el tiempo de producción de neutrones solares. El proceso se realiza midiendo las energías de los protones de retroceso producidos en centelladores plásticos. Este detector es el complemento de otros dos detectores: en Norikura#1 y #2 localizados uno en Japón y otro en México.

5.1.2. Monitor de Neutrones (12NM64)

Neutron Monitor Station (12NM64).- El Monitor de Neutrones, funciona desde 1966 y está destinado a ver las variaciones solares, cuya incidencia en la tierra puede cuantificarse en los casos de erupciones. La información es un conteo cada 10 segundos para cada uno de los 12 detectores con los que se construye la variación temporal diaria. Con estos datos se estudia la intensidad de la radiación cósmica en periodos cortos y largos. Estas variaciones que producen fluctuaciones en la intensidad de rayos cósmicos son debidas a variaciones diurnas y semidiurnas, variaciones de 27 días del Sol, erupciones solares y actividad solar.

5.1.3. Latin American Giant Observatory (LAGO)

LAGO .- Este experimento nació el año 2008 en convenio con Argentina y México. Inicialmente se llamaba Large Array GRB Observatory, pero debido a la inclusión de otros países latinos (ahora son 8), el nombre se ha cambiado a Latin American Giant Observatory. El experimento sirve para el estudio de fulguraciones de rayos gamma (GRB) de corta duración (inferiores a un segundo) y larga duración (del orden de dos a tres segundos). La técnica, que utiliza detectores de agua, permite observar la producción de luz Cherenkov cuando pasa un muon por el detector. Hasta 2015 funcionaron tres detectores construidos con tanques de agua de 2500lts y 5000lts. El estudio en conjunto con los demás países propone interesantes contribuciones ante la máxima instancia de Rayos Cósmicos que es el ICRC. El experimento se ampliará a mayor cantidad de detectores en un futuro próximo.

5.1.4. Bolivian air Shower Joint Experiment (BASJE)

BASJE.- El proyecto Bolivian Air shower Joint Experiment (BASJE) entre Bolivia y Japón fue concretado con el Tokyo Institute of Technology (TIT) dependiente del Institute for Cosmic Ray Research (ICRR). El fundador del proyecto fue el Prof. K. Suga, en 1962, y hasta 2015 fue responsable del mismo el Prof. F. Kakimoto. Los objetivos de los experimentos, entre otros, fueron el estudio de la “rodilla” con energías entre $10E14$ a $10E17$ eV, la composición química de los R.C., característica de interacciones nucleares altas. En la actualidad el experimento ocupa un área de $400 \times 400 m^2$ y dispuestos 80 detectores con capacidades para detectar la densidad y la dirección de arribo de los chubascos. Adicionalmente se tienen 7 detectores de Cherenkov. Se caracterizan las grandes diferencias entre chubascos provocados por protones y rayos gamma usando como siempre tecnologías de última generación. El experimento continúa pero la colaboración con TIT concluyó el año 2015.

5.2. Física de la Atmósfera

Integrantes: Dr. Francesco Zaratti (reciente jubilación), Dr. Marcos Andrade, M.Sc. Luis A. Blacutt, Lic. Ricardo Forno, Lic. René Gutiérrez, Dra. Isabel Moreno, Lic. Fernando Velarde, Ing. Fabricio Ávila.

Las actividades están concentradas en el estudio de; Meteorología, Radiación Solar, Gases y Aerosoles. Las medidas con instrumentos dedicados, son permanentes y en tiempo real, dispone de una página web exclusiva www.chacaltaya.edu.bo, donde el público puede informarse diariamente.

Este grupo nace el año 1995 para el estudio del medio ambiente con la creación del *Laboratorio de Ozono y RUV* bajo la dirección de su impulsor Dr. Francesco Zaratti. El año 1996, en el marco de un convenio de cooperación entre el Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) del Brasil dirigido por el Dr. Volker Kirchoff y el IIF, se planifican los estudios de monitoreo de la capa de ozono sobre La Paz y las variaciones de la Radiación Ultravioleta (RUV) a diferentes alturas en el territorio.

Ante lo atractivo del área, crece el número de investigadores así como los temas de investigación, y el año 1998 se convierte en el *Laboratorio de Física de la Atmósfera* e inaugura su propia instalación para estudiar además los gases de efecto invernadero y fotobiología. El estudio se diversifica en diferentes áreas clasificándose en estudios de; gases, radiación solar, partículas en el aire, meteorología, aerosoles, y otros. Los equipos fueron adquiridos mediante convenios de colaboración y soporte de diversas organizaciones y universidades. La habilidad del grupo fue mostrar resultados en todo tipo de congresos y organizar los propios.

El año 2008 inician un trabajo altamente ostentoso, el de construir un nuevo laboratorio de importancia mundial aprovechando el mayor recurso que tiene el IIF, el Laboratorio de Chacaltaya. Toda la gestión dirigida por el Dr. Francesco Zaratti tiene finalmente el 14 de junio del 2010 la aceptación de la estación de Chacaltaya como Estación Regional GAW, enviada por la World Meteorological Organization (WMO) firmada por el Co-Director del Research Department y Director del Atmospheric Research and Environment Branch.

En solo dos años bajo el Convenio Interinstitucional para la ejecución del Proyecto Especial IDH de la UMSA, se tiene el informe del año 2012 “*Puesta en operación de la estación regional de cambio climático del Global Atmosphere Watch (GAW/WMO) en el Monte Chacaltaya*”, entre la UMSA, El Laboratoire de Glaciologie Et Géophysique de L’Environnement (LGGE) y la fundación EV-K2-CNR. Firman la Rectora, Dra. Teresa M. Rescala Nemptala, Dr. Francesco Zaratti S., Dr. Paolo Laj, Director del LGGE y el Sr. Agostino Da Polenza, Presidente fundación EV.K2-CNR.

Aquí, se incrementa el orgullo de la UMSA y del país en la investigación con el reconocimiento internacional, pero también nacen obligaciones para la institución y para el personal científico y técnico. Los datos que actualmente se producen son únicos y son leídos en tiempo real desde cualquier parte del mundo. Cuesta apoderarse de la ciencia y el conocimiento pero lo estamos haciendo.

INSTRUMENTOS Aportados por la contraparte internacional.

- 1 Scanning Mobility Particle Sizer (SMPS)
- 2 Multi Angle Absorption Photometer (MAAP)
- 3 Neutral Cluster and Air Ions Spectrometer (NAIS)
- 4 Humidified Tandem Differential Mobility Analyzer (HTDMA)
- 5 Contador de Partículas totales
- 6 Aethalometer
- 7 Nephelometer
- 8 Analizador de CO (HORIBA)
- 9 Analizador de CO₂ (LICOR)
- 10 Analizador de CO₂ (PICARRO)
- 11 Analizador de Ozono
- 12 Analizador de Mercurio (TEKTRAN)
- 13 Analizador de vapor de agua e Isótopos ¹⁸O y H₂
- 14 Muestreador químico de Alto Volumen
- 15 Estación Meteorológica en la cumbre
- 16 Estación Meteorológica en el techo del laboratorio
- 17 INLET

INSTRUMENTOS con fondos IDH

Fuente de aire cero para calibración de instrumentos. 54.900

Albedómetro CM6 con accesorio datalogger. 50.700

Monitor de SO₂. 126.343

Cilindro de gas de calibración de CO.

CONVENIOS Resultantes

-Centro Nacional de Investigación Científica CNRS, Francia

Glaciología y Geofísica del Medio Ambiente (LGGE), Grenoble Meteorología Física (LAMP), Clermont-Ferrand. Ciencias de la Atmósfera (LSCE), Paris. Instituto de Investigación para el Desarrollo (IRD-Francia)

-Instituto Leibniz de Investigación Troposférica, TROPOS- (antes IFT), Leipzig, Alemania

-Departamento de ciencias Atmosféricas Aplicadas de la Universidad de Estocolmo (ITM), Estocolmo-Suecia

- Consejo Nacional de Investigación, CNR-Italia.

Instituto para el Estudio de la atmósfera y del clima (ISAC), Bologna.

Comité Ev-K2-CNR, Bergamo

-Instituto Paul Scherrer (PSI) Villigen-Suiza

- Godard Space Flight Center, Godard Maryland, USA

- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología, SENAMHI, La Paz-Bolivia

Maryland, Howard University y Goddard Space Flight Center (NASA) en USA; Universidad Simón Bolívar (USB) y Universidad de Zulia en Venezuela; Universidad Autónoma Metropolitana (UAM) en México.

5.3. Geofísica

Integrantes: Diplom. Ing. Edgar Ricaldi, M.Sc. René Tórrez, Lic. Rudy Villca, Lic. Rodolfo Gutiérrez

El grupo de Geofísica se dedica a la medida del campo magnético terrestre, medida de intensidad y cantidad de rayos temporales, y ocasionalmente a proyectos de Geofísica mediante técnicas Geoeléctricas y otros.

5.3.1. Patacamaya

El laboratorio principal que está instalado en la localidad de Patacamaya a 101 Km. de la Ciudad se conoce como el “*Observatorio Geomagnético de Patacamaya*”. Este laboratorio es el resultado de la transferencia del Observatorio Geomagnético de Següencoma por la Carnegie Institution de Washington. La construcción donde funciona el variógrafo permanente se terminó en noviembre de 1982, el principal investigador fue el Ing. Salvador del Pozo, y ocurrió en la gestión del Rector Hugo Mancilla, el Decano Ing. Antonio Saavedra y el Director Ing. Ricardo Anda.

El variógrafo consiste en un sistema óptico de reflexión. Gobernado por agujas magnéticas que orientan los espejos siguiendo los cambios del campo magnético terrestre la luz quema un papel para generar el magnetograma. Las trazas resultantes corresponden a las componentes H, D, y Z del campo magnético terrestre. Con un equipo Flux-Gate Bartington y un magnetómetro de protones cada 15 días se miden los valores absolutos de las componentes. Los magnetogramas son digitizados, se construye el anuario de datos magnéticos y se publican en fascículos que se envían a los centros con los que se trabaja. Los datos son el fiel reflejo de la actividad magnética de la tierra y la influencia de la actividad solar.

LOS SEGUIDORES DE DESCARGAS ELECTRICAS ATMOSFERICAS (STORMTRACKERS).

Dos Seguidores de Descargas Eléctricas Atmosféricas (Stormtrackers) del Área de Geofísica. El primero instalado en Enero del 2012 y el segundo en Enero del 2015. Con cuyos datos ya se elaboraron mapas de densidad de Descargas Eléctricas Atmosféricas en un área de 600Km a la redonda de Patacamaya. Una buena parte de la parte occidental de Bolivia

LAS ESTACIONES METEOROLOGICAS.

A toda esta infraestructura científica últimamente se han adicionado: Dos Estaciones Meteorológicas una donada por una misión alemana y la segunda conseguida por concurso IDH. Finalidad evaluación del potencial de los recursos energéticos alternativos en esta región principalmente y de uso generalizado adicionalmente.

EL PARQUE DE ENERGIAS ALTERNATIVAS.

Un Parque de Energía constituida por: un Aerogenerador de más de 12 m de altura y 5 Kw de Potencia y una Central de Energía Solar constituida por una parrilla de 28 paneles solares, con una salida nominal de 5 kW, del Grupo de Energías Alternativas.

5.3.2. Villa Remedios

En Villa Remedios desde finales del año 2002 está funcionando un observatorio automático, bajo el convenio de cooperación con el área de investigación espacial 267, AIE (Sonderforschungsbereich-267 SFB-267) de Alemania. Los datos permiten fácilmente construir la variación diaria, estudiar la variación del campo magnético terrestre y observar la influencia del Sol-Tierra.

5.4. Física Teórica

5.4.1. Grupo de Sistemas complejos y Dinámica No Lineal

Integrantes: Dr. Marcelo Ramírez, Dr. Deterlino Urzagasti, Lic. Verónica Subieta, Lic. Roy Bustos, Lic. Winder Canezo.

El Grupo de Sistemas Complejos y Dinámica No Lineal que es parte del Área de Física Teórica de la Carrera de Física de la UMSA, se formó en 1998 y viene trabajando activamente tanto en lo que concierne a investigación como en la organización de cursos y conferencias. Actualmente forman parte del Grupo 5 docentes de la Carrera; se tiene una colaboración estrecha con el Grupo de Física de la Materia Condensada y con las siguientes universidades extranjeras (Universidad de Las Palmas, España; UdelaR, Montevideo, Uruguay; UFP, João Pessoa, Brasil; UNSA, Arequipa, Perú; UTA, Arica, Chile; ULB, Bruselas, Bélgica y HU, Berlín, Alemania). Hasta el momento, se formaron 9 licenciados que hicieron sus tesis en el Grupo y al presente, tres tesis de postgrado realizan sus trabajos bajo la supervisión de docentes del Grupo. Desde 2000, se tienen 54 publicaciones tanto en revistas bolivianas como extranjeras, en las que se tocaron diferentes temas, tales como sincronización, solitones, efectos del ruido en sistemas dinámicos, econofísica, computación cuántica, auto-organización, caos e hipercaos, oscilaciones, análisis de series temporales, redes complejas, dinámica no lineal aplicada, computación cuántica, modelos de evolución, etología, sistemas cardiovasculares, sistemas neuronales, sistemas magnéticos y transiciones de fase. Periódicamente, al menos una vez al año, se participa de conferencias nacionales y/o internacionales, donde se muestran los resultados de las diferentes investigaciones realizadas por miembros del Grupo. Por otra parte, con una frecuencia anual, se organiza el Curso Boliviano de Sistemas Complejos que al presente está en su XIII versión; en estos cursos se tocaron temas como ser: Mecánica Estadística No Extensiva, Redes Complejas, Sincronización, Modelo de envejecimiento de Penna, Neurociencia, Auto-organización en Insectos, Láseres, Plasmas, Análisis No Lineal de Series Temporales, Acústica y Física de Instrumentos Musicales, Física de Coloides, Modelos de Autómatas, Transiciones de Fase, y Física Cardiovascular y Problemas Relacionados a la Apnea del Sueño. Para la XIV versión que está en preparación, el tema elegido es “Física Estadística de Sistemas de Formación de Opinión”. También se organizaron dos Conferencias Internacionales en el país (Jornadas Andinas de Dinámica No Lineal) y se coadyuvó en las organizadas en Perú y Chile. En los últimos 3 años, se tienen las siguientes publicaciones:

1. D. Urzagasti, D. Becerra-Alonso, L. M. Pérez, H. L. Mancini, D. Laroze, “Hyper-chaotic Magnetisation Dynamics of Two Interacting Dipoles”. *Journal of Low Temperature Physics* (2015).
2. G. M. Ramírez Ávila, M. R. Gallas, J. A. C. Gallas, “Análisis del plano de fases de un modelo discreto de neurona basado en la determinación de periodicidades”. *Revista Boliviana de Física*, 27, 1-9 (2015).
3. J. W. Sirpa Poma, G. M. Ramírez Ávila, “Espacios de parámetros para el estudio de la turbulencia mediada por defectos y otros fenómenos no lineales en sistemas espacialmente distribuidos”. *Revista Boliviana de Física*, 27, 10-14 (2015).
4. G.M. Ramírez Ávila, J. Kurths, J.L. Guisset, J.L. Deneubourg. ”How do small differences in nonidentical pulse-coupled oscillators induce great changes in their synchronous behavior?”. *The European Physical Journal-Special Topics* 223. 2759-2773 (2014).
5. D. Urzagasti · A. Aramayo · D. Laroze, “Soliton–antisoliton interaction in a parametrically driven easy-plane magnetic wire”. *Physics Letters A* (2014).
6. S.A. Oporto Almaraz , G.M. Ramírez Ávila. “Sincronización y estabilidad en un sistema compuesto por dos osciladores químicos idénticos”. *Revista Boliviana de Física* 2, 7-13 (2014).

7. D. Urzagasti, D. Laroze, H. Pleiner, “Localized chaotic patterns in weakly dissipative systems”. *The European Physical Journal Special Topics* (2013).
8. S.A. Oporto Almaraz, G.M. Ramírez Ávila. “Análisis del comportamiento oscilatorio de las concentraciones en la reacción de Belousov-Zhabotinsky”. *Revista Boliviana de Química* 30, 2, 102-114 (2013).
9. D. Urzagasti · D. Laroze · M. G. Clerc · H. Pleiner, “Breather soliton solutions in a parametrically driven magnetic wire”. *EPL (Europhysics Letters)* (2013).
10. G.M. Ramírez Ávila, A. Gapelyuk, N. Marwan, H. Stepan, J. Kurths, Th. Walther, N. Wessel. “Classifying healthy women and preeclamptic patients from cardiovascular data using recurrence and complex network methods”. *Autonomic Neuroscience: Basic, Clinical* 178, 103-110 (2013).
11. S.A. Oporto Almaraz, G.M. Ramírez Ávila. “Fenómenos no lineales en la reacción de Belousov-Zhabotinsky. Estabilidad”. *Revista Boliviana de Física* 23, 16-28 (2013).
12. G.M. Ramírez Ávila, A. Gapelyuk, N. Marwan, Th. Walther, H. Stepan, J. Kurths, N. Wessel. “Classification of cardiovascular time series based on different coupling structures using recurrence networks analysis”. *Philosophical Transactions of the Royal Society A* 371; 20110623 (2013).

5.4.2. Grupo de Teoría del Estado Sólido

Integrantes: Lic. Evaristo Mamani, Dr. Marcelo Calcina, Ing. Javier Velasco, Dr. Diego Sanjinés.

Las actividades actuales del grupo se concentran en dos investigaciones de postgrado: y Dinámica de una partícula en un potencial de Coulomb en la red (Javier Velasco) e Interacciones efectivas de largo alcance en una red de enlace fuerte bajo la aproximación semiclásica (Evaristo Mamani). En el primer caso el objetivo general es describir la dinámica de una partícula cargada que se mueve en una red unidimensional bajo el efecto de un potencial coulombiano provocado por otra partícula fija en el origen. En el segundo caso el objetivo general es desarrollar y sistematizar el método semiclásico de promediación temporal que permiten deducir un hamiltoniano efectivo para interacciones inducidas de largo alcance, como efecto de la acción combinada de un campo homogéneo rápidamente oscilante y un potencial estático no-homogéneo arbitrario sobre una partícula cargada que se mueve sobre la red, de acuerdo al modelo físico dado por el hamiltoniano de enlace fuerte.

Las actividades realizadas y los resultados obtenidos comprenden el cálculo del hamiltoniano efectivo, con elementos de salto efectivos que dependen de las componentes de Fourier asociadas al campo externo oscilante, a partir del hamiltoniano modificado.

Se escribió el artículo Long range effective interactions in a lattice in the semiclassical approximation (Mamani E., Calcina M., Sanjinés D.) para ser arbitrado en *Phys. Lett. A*. Aquí se encuentran las deducciones detalladas de los resultados anunciados arriba. Como uno de los antecedentes importantes en esta investigación se usó los resultados publicados previamente en *Semiclassical tight-binding dynamics in rapidly oscillating fields plus a static arbitrary potential* (Martínez L.A., Sanjinés D., Gallinar J.-P., *Int. J. of Mod. Phys. B* 28 (2014) 1450173).

5.5. Física Aplicada

5.5.1. Grupo de Materia Condensada

Integrantes: Dr. Flavio Ghezzi, Dr. Armando Ticona, Dr. Wilfredo Tavera, Lic. Elba Colque, Lic. Leonardo Apaza, Univ. César Cornejo, Univ. Alejandra Vargas.

El grupo de materia condensada en la parte teórica realiza estudios de materiales mesoscópicos y simulaciones de dinámica molecular; en su parte aplicada cuenta con laboratorios de materia condensada, biofísica y viveros de experimentación.

La Dinámica Molecular estudia la materia y sus características a nivel atómico. Ésta tiene un desarrollo importante con la llegada de las simulaciones computacionales en las cuales se adoptan métodos numéricos que permiten ver el comportamiento representativo de sistemas moleculares complejos con grandes números de partículas. El programa DL_POLY facilita las simulaciones de macromoléculas, polímeros, sistemas iónicos y otro tipo de sistemas atómicos.

Usando el programa DL_POLY se han simulado comportamientos de líquidos iónicos sencillos y complejos, tomando en cuenta las interacciones entre átomos. Asimismo se han simulado el comportamiento de estos mismos líquidos iónicos en presencia de campos eléctricos y potenciales generados por superficies con diferentes geometrías tomando en cuenta diversos rangos de temperaturas. Bajo el mismo enfoque, actualmente se están realizando simulaciones para la caracterización de biopolímeros.

El Laboratorio de Materia Condensada está equipado para la caracterización eléctrica, magnética de muestras sólidas y de líquidos iónicos.

El laboratorio de biofísica realiza trabajos sobre organismos biológicos a todo nivel de la materia. Uno de los equipos de investigación actualmente se encarga de trabajar en respuestas a nivel de síntesis y degradación de compuestos en plantas, además de respuestas a nivel de crecimiento, forma y estructura bajo diferentes tratamientos de irradiación en campo (Solar - difusa) y en laboratorio (UV, Blanca e infrarroja). Se han realizado trabajos sobre el efecto de la radiación blanca y ultravioleta en *Baccharis latifolia* y luz blanca en *Baccharis papillosa* para determinar el efecto de este factor sobre la producción de compuestos fenólicos, principalmente flavonoides y derivados de ácido shikímico.

Se cuenta con viveros de experimentación acondicionados para replicar condiciones ambientales y además generar escenarios de estrés enfocados a promover, algún tipo de compuesto o metabolismo de interés o evaluar efectos del cambio climático, como por ejemplo, incremento en la radiación ultravioleta, infrarroja u horas luz. Además se cuenta con laboratorios especializados en la toma y análisis de datos.

5.5.2. Laboratorio de Materia Condensada

Integrantes: Dr. Eduardo Palenque, Lic. Peter Zabala, Ing. Gabriel Taquichiri, Univ. Alejandra Murillo, Univ. Mishka Huanca, Ing. Yoshiko Panozo, Dr. Wilfredo Tavera.

En el Laboratorio de Materia Condensada se trabaja con dos líneas básicas de investigación, orientadas ambas en la caracterización de materiales que por su origen se pueden clasificar como de origen vegetal o inorgánicos.

En el primer caso se destaca la medida de las propiedades térmicas de cortezas (publicación en el caso de keñuas) y maderas (con muestrario de ejemplares amazónicos), y de la resistencia mecánica a la ruptura en madera y hojas (2 tesis sobre jatatas). Adicionalmente se trabajó con las medidas de los efectos de los niveles de radiación solar (visible y UV) sobre la producción de resveratrol en uvas (colaboración con el IPN y la UAJMS). También se están caracterizando películas en base a almidones y glicoles (papel comestible

para empaques) producidas en el laboratorio y en el IPN (tesis en Ing. Alimentos). Se colaboró en la caracterización de secadores de granos de chíá (tesis de Ing. Química). En el caso de materiales inorgánicos se tienen tres subproyectos: hormigones, arcillas y materiales para energías alternativas. En el primer caso, en colaboración con el Instituto Boliviano del Cemento y el Hormigón se trabaja tanto en la producción de hormigones especiales (para blindaje cámaras con rayos X o gamma, sistemas alivianados, etc.) como en la determinación de las propiedades mecánicas de elementos de estructuras actualmente en pie (edificios, puentes, carreteras, etc.) a través de Ensayos No Destructivos, principalmente con tomografía ultrasónica (4 tesis). Este sistema de caracterización permite la evaluación de estructura in situ sin producir daños a las mismas (como la tradicional toma de testigos cilíndricos para ruptura en laboratorio). Este un servicio que se ofrece a través del IIF. En el proyecto arcillas (minerales no metálicos, con el IGEMA y el IIQ) se caracterizan bentonitas provenientes del altiplano buscando sus ventajas comerciales (1 tesis, dos publicaciones). En el proyectos de energías alternativas se trabaja (en colaboración con institutos de la UMSA: IIQ, IGN, IIMEC, IIMETMAT, IGEMA y del exterior KTH y LTU) tanto en la producción y caracterización de celdas solares, como en baterías de ión – litio y sistemas de catálisis (seis tesis y artículos correspondientes)

6. Organismos de Cooperación

El IIF mantiene relaciones de carácter científico con universidades y centros de investigación de diversos países, entre las que se destacan: Universidad de Saitama, Instituto Tecnológico de Tokio, Universidad de Nagoya, en Japón; Universidad de Campinas (UNICAMP), Universidad Federal de Rio Grande do Sul (UFRGS) e Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE) en Brasil; Departamento de Física General de la Universidad de Torino, Universidad de Roma e INFN en Italia; Universidad Libre de Bruselas en Bélgica; Instituto de Alta Investigación (IAI) de la Universidad de Tarapacá en Chile; Centro de Investigaciones Geocientíficas (GFZ) de Postdam en Alemania.

7. Incidencia a Nivel nacional

El conocimiento generado por el IIF, se publica tanto en revistas internacionales, en la Revista Boliviana de Física (RBF), Resúmenes de Labores, y también en la página web de la carrera. Los artículos de la RBF y determinadas colecciones de datos obtenidos en los diferentes laboratorios pueden ser libremente descargados.

El IIF, para la UMSA tiene gran incidencia en la suma de su producción intelectual, y a nivel nacional, se constituye en uno de los pilares de la creación de conocimiento. La sociedad se beneficia con la divulgación de estos conocimientos en campañas regionales y nacionales. Responde con información científica ante diversos fenómenos naturales que ocurren en el planeta. Informa sobre el cambio climático y otros fenómenos sobre la base de datos experimentales y análisis científico. En servicios cubre varios requerimientos especializados difícilmente existentes en el país.

8. Infraestructura

Oficina Central, Campus Universitario de Cota cota

Altura 3420 m.s.n.m.

Presión Atmosférica Media: 495 mmHg(660mb)

Coordenadas Geográficas: Lat. 16°53S Long. 68°06W

Coordenadas Magnéticas: Lat. $05^{\circ}03'S$ Long. $00^{\circ}54'E$
Área disponible: 2500m²
Área construida: 1000m² edificio d cinco pisos en construcción

Laboratorio de Física Cósmica de Chacaltaya:

Altura: 5240 m.s.n.m.
Pico de la Montaña 5300 m.s.n.m.
Presión Atmosférica media: 408mmHg.(544mb)
Coordenadas Geográficas: Lat. $16^{\circ}33'S$ Long. $68^{\circ}11'W$
Coordenadas Magnéticas: Lat. $04^{\circ}50'S$ Long. $00^{\circ}50'20''E$
Distancia desde Cota Cota: 30 Km
Área disponible: 16 hectareas.
Área construida: 1 hectarea.

Observatorio de Patacamaya

Altura: 3789 m.s.n.m
Presión Atmosférica media: 473 mmHg.(630mb)
Coordenadas Geográficas: Lat. $17^{\circ}15'57''S$ Long. $67^{\circ}57'0''W$
Coordenadas Magnéticas: Lat. $06^{\circ}00'S$ Long. $01^{\circ}05'E$
Distancia desde Cota Cota: 115 Km

Observatorio Geomagnético de Villa Remedios

Altura: XXXX m.s.n.m.
Presión Atmosférica media: XXXXmmHg.(XXXmb)
Coordenadas Geográficas: Lat. Long.
Coordenadas Magnéticas: Lat. Long. E
Distancia desde Cota Cota: 30 Km

9. Servicios

Propiedades Mecánicas

Propiedades eléctricas: Conductividad (Resistividad), permitividad eléctrica, y sus variaciones con la temperatura, en un rango desde $200^{\circ}C$ hasta $900^{\circ}C$

Propiedades Térmicas: Coeficiente de conducción de calor, coeficiente de expansión lineal, capacidad calorífica.

Propiedades Magnéticas: permeabilidad magnética, y sus variaciones con la temperatura en un rango desde

$-200^{\circ}C$ hasta $400^{\circ}C$, coercitividad magnetoresistencia.

Propiedades Acústicas: coeficiente de absorción, coeficiente de reflectividad.

Propiedades Ópticas: coeficiente de absorción, coeficiente de reflectividad.

Producción de aire líquido

Radiografía Industrial

Ensayos destructivos (END)

Ensayos no destructivos

Índice

1. Presentación	2
2. Reseña	2
3. Objetivos	3
4. Recursos Humanos	4
5. Áreas de Investigación	4
5.1. Física Cósmica	5
5.1.1. Monitor de Neutrones Solares (SNM)	5
5.1.2. Monitor de Neutrones (12NM64)	5
5.1.3. Latin American Giant Observatory (LAGO)	5
5.1.4. Bolivian air Shower Joint Experiment (BASJE)	6
5.2. Física de la Atmósfera	6
5.3. Geofísica	8
5.3.1. Patacamaya	8
5.3.2. Villa Remedios	8
5.4. Física Teórica	9
5.4.1. Grupo de Sistemas complejos y Dinámica No Lineal	9
5.4.2. Grupo de Teoría del Estado Sólido	10
5.5. Física Aplicada	10
5.5.1. Grupo de Materia Condensada	10
5.5.2. Laboratorio de Materia Condensada	11
6. Organismos de Cooperación	12
7. Incidencia a Nivel nacional	12
8. Infraestructura	12
9. Servicios	13