

Estudio de la climatología y pronóstico de vientos en la mesosfera y la baja termósfera sobre la costa central y norte del Perú

Dr. Danny Scipión
Radio Observatorio de Jicamarca



PERÚ

Ministerio
del Ambiente





Motivación

- Poco conocimiento de los efectos del cambio climático y la contaminación de CO_2 pueda generar sobre las capas altas de la atmósfera.
- Estudios existentes coinciden en que un incremento en la contaminación de CO_2 puede generar un enfriamiento de la termósfera (a diferencia de lo que ocurre en la baja atmósfera) pudiendo generar una disminución de la altura de densidad de la ionósfera.
- Esto tendría un impacto directo sobre las señales de radio frecuencia e instrumentación de atraviere estas regiones altas de la atmósfera.



Objetivo

- Realizar un estudio de climatología y caracterización de la **mesósfera y baja termósfera** en la costa centro y norte del Perú basado en mediciones de vientos de estas regiones utilizando **radares de meteoros multi-estáticos** denominados SIMONe instalados en el Radio Observatorio de Jicamarca (Lima) y la Universidad de Piura (Piura).

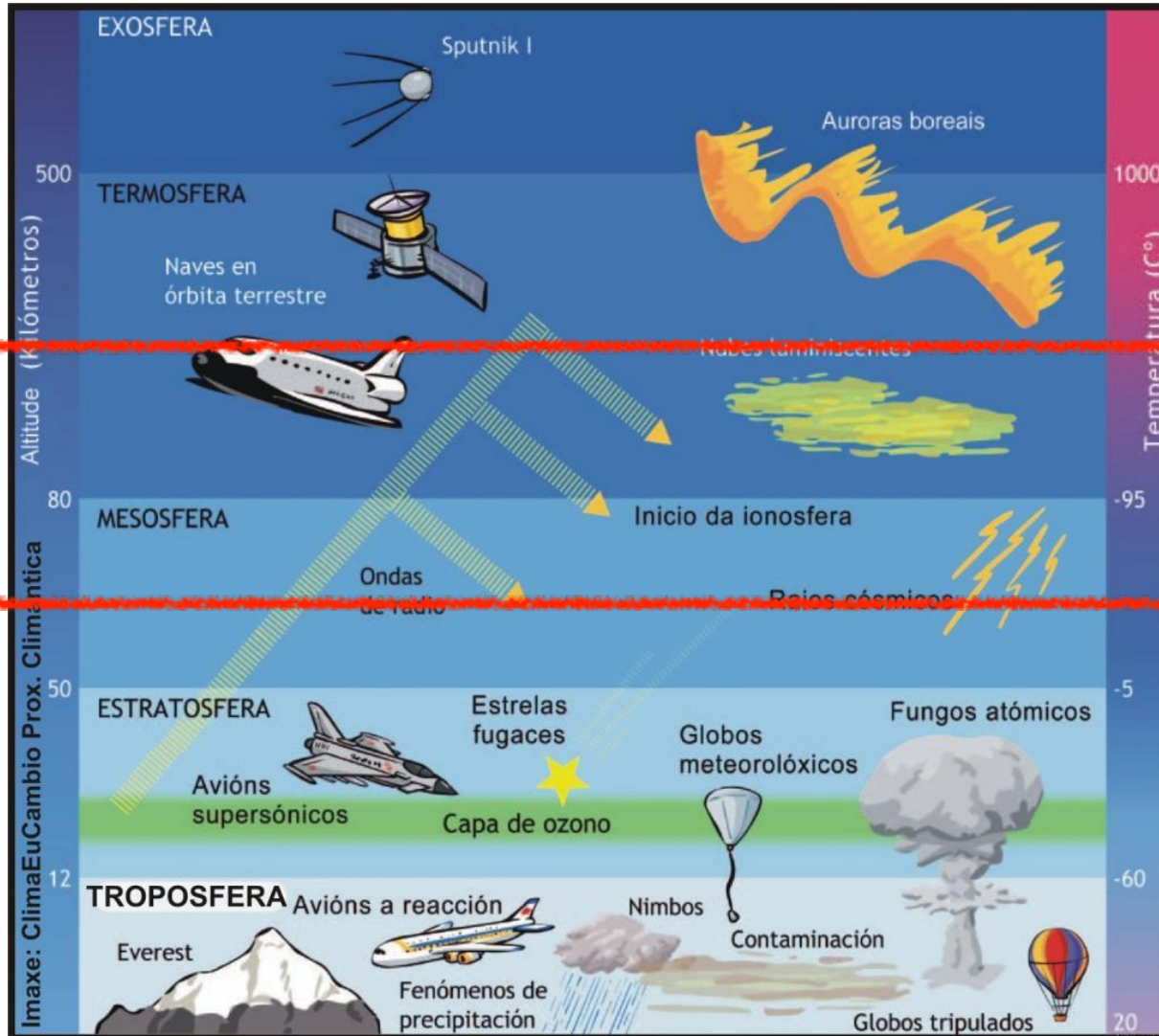


Equipo Técnico

- Responsable Técnico
 - Dr. Danny Scipión, Instituto Geofísico del Perú – Radio Observatorio de Jicamarca.
- Co-investigadores
 - Dr. Marco Milla, Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP)
 - Dr. Jorge L. Chau, Leibniz-Institut für Atmosphärische Physik (IAP, Alemania)
 - Dr. Rodolfo Rodríguez, Universidad de Piura (UdeP)
 - Mag. Karim Kuyeng, Ciencia Internacional (CI)
- Gestor
 - Ing. Carlos Arenas, Instituto Geofísico del Perú – Radio Observatorio de Jicamarca
- Tesistas
 - José Suclupe (Maestría PUCP)
 - Christian Mauricio (Maestría UNALM)
 - Vanessa Vásquez (Pregrado UNMSM)



Capas de la atmósfera



Región MLT (Mesósfera y baja Termósfera)

105 km

- Dinámica está dominada por ondas planetarias, mareas, ondas de gravedad y turbulencias estratificadas

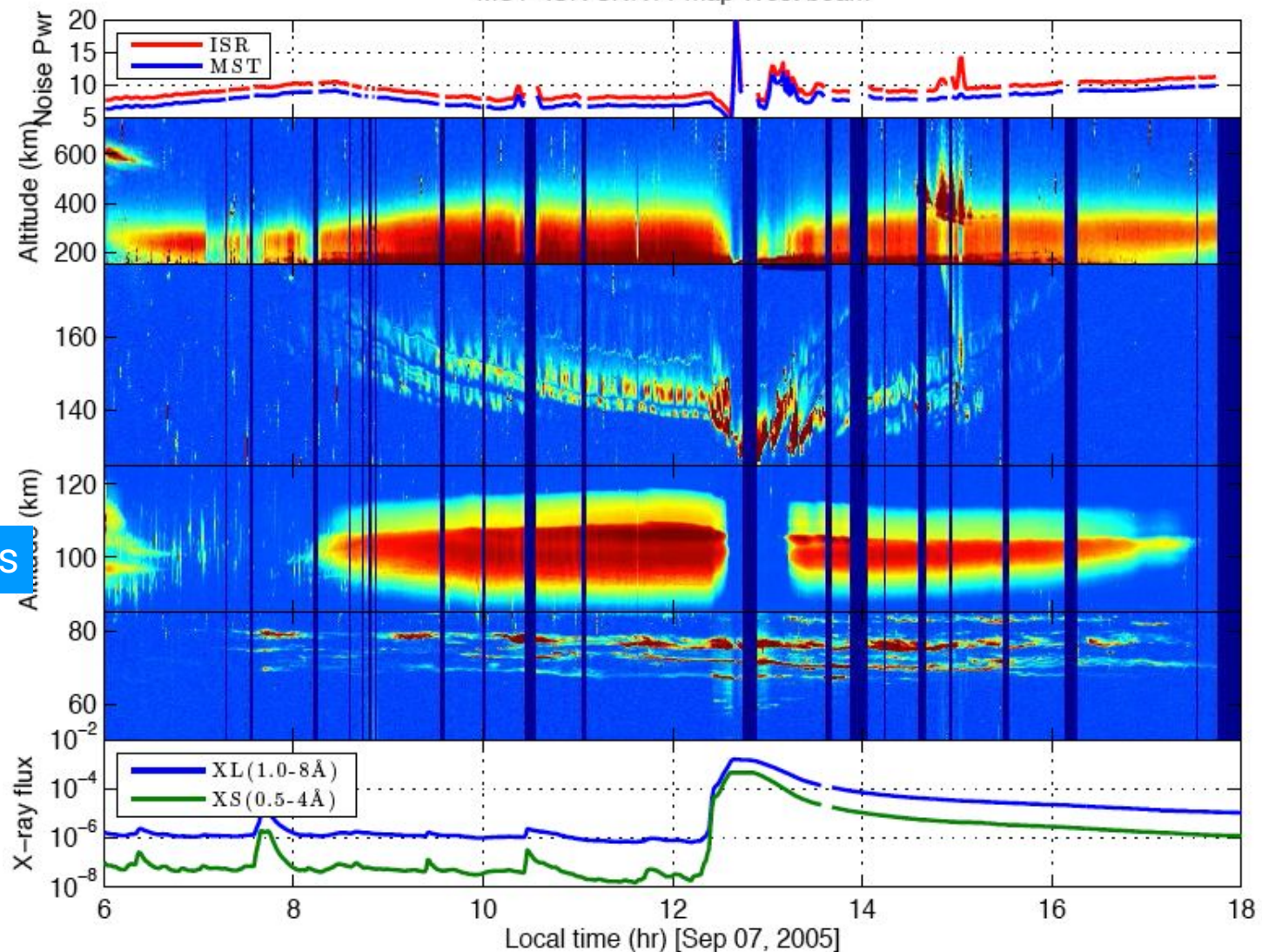
75 km

- Regiones de transición, su estudio y observación nos permite comprender los procesos de interacción entre las diferentes capas de la atmósfera.



Un día “típico” sobre Jicamarca

MST-ISR SNR+1 map West beam



• Meteoros

- Densidad, temperatura, composición, velocidades
- Modelamiento, tiempo

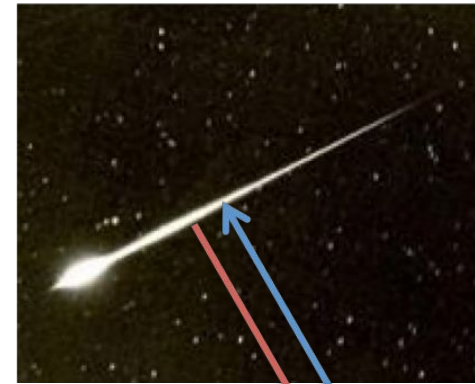
- Irregularidades ionosféricas
- EEJ, ESF, Ecos de 150 km

- Dinámica de la atmósfera neutra (vientos, turbulencia, velocidades verticales)
- Meteorología, aviación.



Meteoros Especulares

- Condición especular: Sólo los *meteoroids* que viajan de manera perpendicular al haz del radar pueden ser detectados
- Desplazamiento Doppler debe ser independiente de la velocidad del meteoro
 - ¡Podemos medir los vientos!





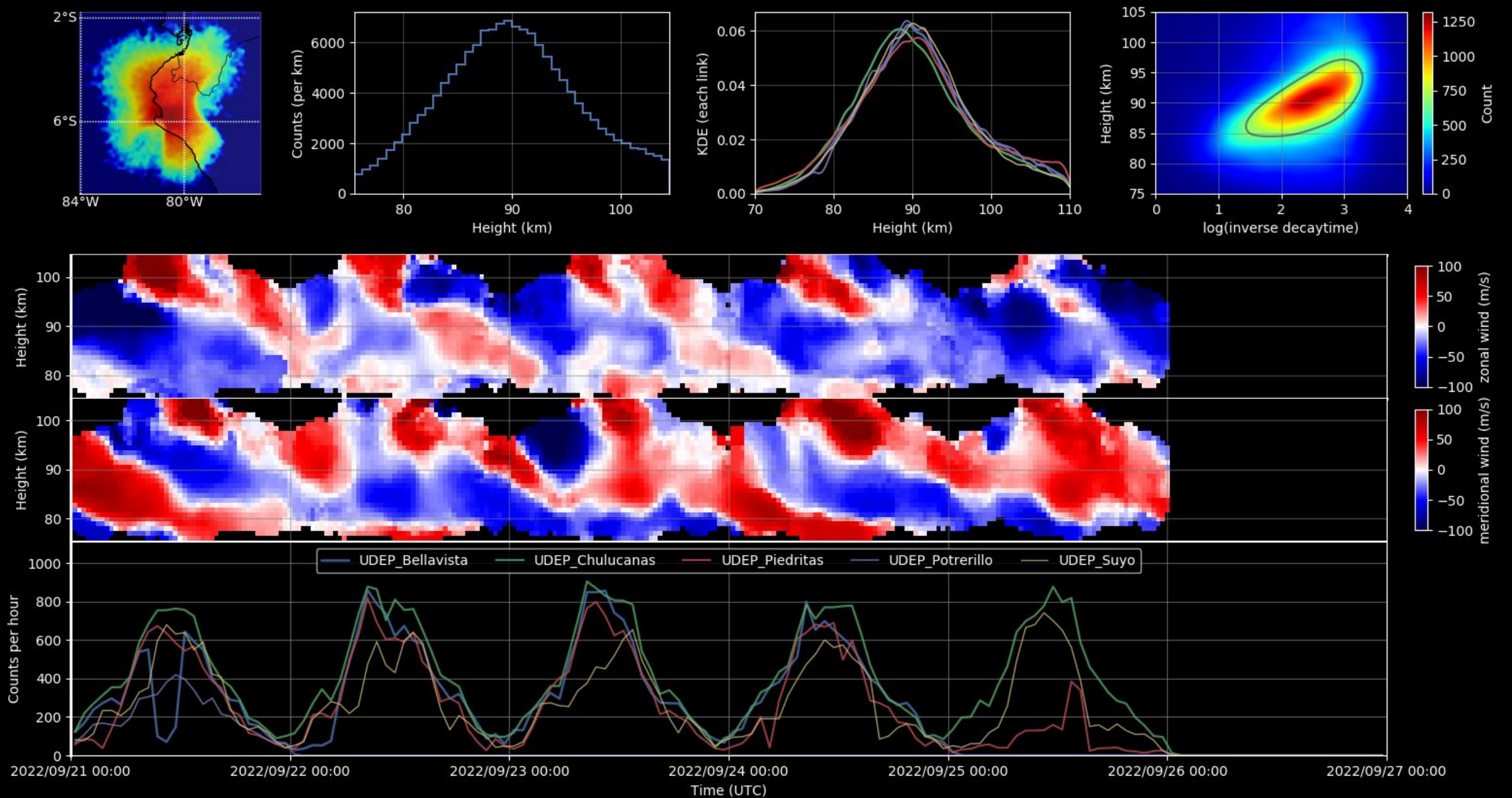
Sistemas de radar SIMONe

- SIMONe: (Spread Spectrum Interferometric Multistatic meteor radar Observing Network)
- Sistemas instalados en:
 - Instituto Geofísico del Perú (Radio Observatorio de Jicamarca)
 - Universidad de Piura (Estación Científica Ramón Mugica Martínez – ECRMM)



Sistema radar SIMONe instalado en la Universidad de Piura

simone-peru2





Objetivo Específico 01

- Determinar la climatología de los vientos de la mesósfera y baja termósfera (región MLT) utilizando las mediciones realizadas con la red de radares SIMONE instalados en Jicamarca y Piura.
- Aplicando técnicas de análisis espectral de señales, podremos describir y caracterizar el comportamiento y variabilidad de las de las mareas atmosféricas y ondas planetarias en la región MLT en función de las estaciones del año y de la ubicación geográfica.
- Responsable: José Suclupe (Tesista de Maestría PUCP)



Componente 1: Climatología de los vientos en Jicamarca y Piura

	Actividad	Meta Física
1.1	Revisión bibliográfica	Informe de resumen de revisión bibliográfica
1.2	Comparación de los vientos obtenidos con la red SIMONE Perú y el radar principal del ROJ	Informe de comparación de resultados obtenidos
1.3	Desarrollo de métodos para detectar y caracterizar periodicidades en series de tiempo	Informe de desarrollo de métodos implementados
1.4	Obtención de la climatología de vientos MLT sobre Jicamarca y Piura	Informe de desarrollo de climatología por cada red
1.5	Comparación de las climatologías en Jicamarca y Piura	Informe de comparación de resultados obtenidos
1.6	Comparación entre la climatología obtenida y los modelos de circulación global	Informe de comparación de resultados obtenidos con modelos de circulación



Objetivo Específico 02

- Estudiar la predictibilidad de los vientos en la región MLT utilizando las mediciones realizadas con la red de radares SIMONE en Jicamarca y Piura y aplicando técnicas de Machine Learning y Deep Learning que nos permitirán modelar los vientos medidos y generar pronósticos de ellos.
- Análisis predictivo usando técnicas de Machine Learning y Deep Learning para la predicción de los vientos en la región MLT con ventas de 1 y 2 días.
- Responsable: Christian Mauricio (Tesista de Maestría UNALM)



Componente 2: Predictibilidad de vientos MLT sobre Jicamarca y Piura

	Actividad	Meta Física
1.1	Revisión bibliográfica	Informe de resumen de revisión bibliográfica
1.2	Implementación de los métodos de predicción usando machine learning	Modelo base de Machine Learning
1.3	Implementación de los métodos de predicción usando deep learning	Modelo base de Deep Learning
1.4	Pronóstico de vientos MLT en ventanas temporales	Informe del pronóstico con modelos optimizados



Objetivo Específico 03

- Desarrollar un sistema de recepción digital de bajo costo y bajo consumo de energía basado en dispositivos SDR (Software Defined Radio) que pueda ser utilizado para la ampliación de la red de radares SIMONE en el Perú.
- Así podremos mejorar la resolución y ampliar el área de cobertura de las observaciones de vientos MLT sobre en la costa central y norte.
- Responsable: Vanessa Vásquez (Tesisista Pre-grado UNMSM)



Componente 3: Desarrollo de un sistema de recepción digital de bajo costo para ampliación de la red de radares SIMONE

	Actividad	Meta Física
1.1	Revisión de tecnologías existentes de tipo SDR	Informe de comparaciones de tecnologías
1.2	Análisis de distribución óptima de receptores	Informe de distribución de receptores
1.3	Diseño de prototipos del sistema de recepción SDR	Informe de diseño seleccionado
1.4	Gestión de compras	Recepción de bienes y materiales
1.5	Fabricación de antenas y conexiones	Antena y conexiones fabricadas
1.6	Comparación de receptores digitales SDR	Informe de comparaciones de receptores
1.7	Implementación de preamplificadores de recepción	Acondicionamiento de señales fabricado
1.8	Implementación del sistema de generación de energía eléctrica	Sistema de energía renovable fabricado
1.9	Integración de sistema de recepción y pruebas del sistema	Sistema integrado
1.10	Puesta en operación del sistema de recepción	Informe de desarrollo realizado



Resultados esperados

- 03 tesis (02 de maestría y 01 de pregrado universidades nacionales)
- 03 artículos científicos (02 aceptados, 01 presentado)
- 02 talleres de difusión (01 taller avances, 01 taller de presentación de resultados)
- 04 presentaciones orales o posters científicos en conferencias internacionales o nacionales: CEDAR 2024-EEUU, COLAGE XII-Chile, COLAGE XIII-Brasil y CHILECON-Chile



Tesis presentadas

PONTIFICIA UNIVERSIDAD
CATÓLICA DEL PERÚ

Escuela de Posgrado



Climatología de las mareas y onda planetaria Q2D en la región
de la Mesosfera y Baja Termosfera sobre la costa central de
Perú

Tesis para obtener el grado académico de Magíster en Física Aplicada
que presenta:

JOSE MANUEL SUCLUPE OSORIO

Asesor:

JORGE LUIS CHAU CHONG SHING

Co-asesor:

MARCO ANTONIO MILLA BRAVO

Lima, 2022

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA

ESCUELA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN ESTADÍSTICA APLICADA



PRONÓSTICO DE LA VELOCIDAD DEL VIENTO ENTRE 80-95 KM
SOBRE LA COSTA PERUANA UTILIZANDO EM, VMD, LSTM Y
OPTUNA

Presentada por:

CHRISTIAN MAURICIO TIMANÁ

TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE
MAGISTER SCIENTIAE EN ESTADÍSTICA APLICADA

Lima - Perú

2024



Artículos publicados

Suclupe et al. Earth, Planets and Space (2023) 75:186
https://doi.org/10.1186/s40623-023-01935-z

Earth, Planets and Space

EXPRESS LETTER

Open Access

Climatology of mesosphere and lower thermosphere diurnal tides over Jicamarca (12°S, 77°W): observations and simulations

Jose Suclupe^{1*}, Jorge L. Chau¹, J. Federico Conte¹, Marco Milla², N. M. Pedatella³ and K. Kuyeng⁴

Abstract

This work shows a 3-year climatology of the horizontal components of the solar diurnal tide, obtained from wind measurements made by a multistatic specular meteor radar (SIMONE) located in Jicamarca, Peru (12°S, 77°W). Our observations show that the meridional component is more intense than the zonal component, and that it exhibits its maxima shifted with respect to the equinox times (i.e., the largest peak occurs in August–September, and the second one in April–May). The zonal component only shows a clear maximum in August–September. This observational climatology is compared to a climatology obtained with the Whole Atmosphere Community Climate Model with thermosphere and ionosphere extension (WACCM-X). Average comparisons indicate that the model amplitudes are 50% smaller than the observed ones. The WACCM-X results are also used in combination with observed altitude profiles of the tidal phases to understand the relative contributions of migrating and non-migrating components. Based on this, we infer that the migrating diurnal tide (DW1) dominates in general, but that from June until September (November until July) the DE3 (DW2) may have a significant contribution to the zonal (meridional) component. Finally, applying wavelet analysis to the complex amplitude of the total diurnal tide, modulating periods between 5 and 80 days are observed in the SIMONE measurements and the WACCM-X model. These modulations might be associated to planetary waves and intraseasonal oscillations in the lower tropical atmosphere.

Keywords Climatology, Diurnal tide, Low latitude, Tidal modulation, Meteor radar, GCM

*Correspondence:
Jose Suclupe
suclope@upm-him.edu
Full list of author information is available at the end of the article



© The Author(s) 2023. **Open Access** This article is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License, which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source, provide a link to the Creative Commons licence, and indicate if changes were made. The images or other third party material in this article are included in the article's Creative Commons licence, unless indicated otherwise in a credit line to the material. If material is not included in the article's Creative Commons licence and your intended use is not permitted by statutory regulation or exceeds the permitted use, you will need to obtain permission directly from the copyright holder. To view a copy of this licence, visit <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>.

frontiers | Frontiers in Astronomy and Space Sciences

TYPE Methods
PUBLISHED XX XX 2024
DOI 10.3389/fspas.2024.1442315

Check for updates

OPEN ACCESS

EDITED BY
Daniel Okoh,
The National Space Research and
Development Agency (NASRDA), Nigeria

REVIEWED BY
Xiuxuan Zhao,
Chinese Academy of Sciences (CAS), China
Taiwo Ode,
University of Toronto, Canada

*CORRESPONDENCE
Christian Mauricio,
✉ 20220334@lamolina.edu.pe

RECEIVED 01 June 2024
ACCEPTED 09 August 2024
PUBLISHED XX XX 2024

CITATION
Mauricio C, Suclupe J, Milla M,
López de Castilla C, Kuyeng K, Scipion D and
Rodríguez R (2024) Short-term prediction of
horizontal winds in the mesosphere and
lower thermosphere over coastal Peru using a
hybrid model.
Front. Astron. Space Sci. 11:1442315.
doi: 10.3389/fspas.2024.1442315

COPYRIGHT
© 2024 Mauricio, Suclupe, Milla, López de
Castilla, Kuyeng, Scipion and Rodríguez. This is
an open-access article distributed under the
terms of the [Creative Commons Attribution
License \(CC BY\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/). The use, distribution or
reproduction in other forums is permitted,
provided the original author(s) and the
copyright owner(s) are credited and that the
original publication in this journal is cited, in
accordance with accepted academic practice.
No use, distribution or reproduction is
permitted which does not comply with
these terms.

Short-term prediction of horizontal winds in the mesosphere and lower thermosphere over coastal Peru using a hybrid model

Christian Mauricio^{1*}, Jose Suclupe², Marco Milla³, Carlos López de Castilla¹, Karim Kuyeng⁴, Danny Scipion⁴ and Rodolfo Rodríguez⁵

¹Departamento de Estadística e Informática, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Peru, ²Leibniz Institute of Atmospheric Physics, Rostock University, Kühlungsborn, Germany, ³Sección de Electricidad y Electrónica, Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Peru, ⁴Radio Observatorio de Jicamarca, Instituto Geofísico del Perú, Lima, Peru, ⁵Estación Científica Ramón Mujica, Universidad de Piura, Piura, Peru

The mesosphere and lower thermosphere (MLT) is a coupling region between the lower and upper atmosphere whose dynamic can be investigated by wind measurements. Predicting MLT winds could help forecast ionospheric parameters, which has many implications for global communications and geo-location applications. Several literature sources have developed and compared predictive models for wind speed estimation. However, in recent years, hybrid models have been developed that significantly improve the accuracy of the estimates. These integrate time series decomposition and machine learning techniques to achieve more accurate short-term predictions. This research evaluates a hybrid model that is capable of making a short-term prediction of the horizontal winds between 80 and 95 km altitudes on the coast of Peru at two locations: Lima (12°S, 77°W) and Piura (5°S, 80°W). The model takes a window of 56 data points as input (corresponding to 7 days) and predicts 16 data points as output (corresponding to 2 days). First, the missing data problem was analyzed using the Expectation Maximization algorithm (EM). Then, variational mode decomposition (VMD) separates the components that dominate the winds. Each resulting component is processed separately in a Long short-term memory (LSTM) neural network whose hyperparameters were optimized using the Optuna tool. Then, the final prediction is the sum of



Artículos publicados

Springer Open

Search [Get published](#) [Explore Journals](#) [Books](#) [About](#) [Login](#)

Earth, Planets and Space

About [Articles](#) [Submission Guidelines](#) [Submit manuscript](#)

Express Letter | [Open access](#) | Published: 14 December 2023

Climatology of mesosphere and lower thermosphere diurnal tides over Jicamarca (12°S, 77°W): observations and simulations

[Jose Suclupe](#) , [Jorge L. Chau](#), [J. Federico Conte](#), [Marco Milla](#), [N. M. Pedatella](#) & [K. Kuyeng](#)

[Earth, Planets and Space](#) **75**, Article number: 186 (2023) | [Cite this article](#)

913 Accesses | 1 Altmetric | [Metrics](#)

Abstract

This work shows a 3-year climatology of the horizontal components of the solar diurnal tide, obtained from wind measurements made by a multistatic specular meteor radar (SIMONE) located in Jicamarca, Peru (12°S, 77°W). Our observations show that the meridional component is more intense than the zonal component, and that it exhibits its maxima shifted with respect to the equinox times (i.e., the largest peak occurs in August–September, and the second one in April–May). The zonal component only shows a clear maximum in August–September. This observational climatology is compared to a climatology obtained with the Whole Atmosphere Community Climate Model with thermosphere and ionosphere extension (WACCM-X). Average comparisons indicate that the model amplitudes are 50% smaller than the observed ones. The WACCM-X results are also used in combination with observed altitude profiles of the tidal phases to understand the relative contributions of migrating and non-migrating components. Based on this, we infer that the migrating diurnal tide (DW1) dominates in general, but that from June until September (November until July) the DE3 (DW2) may have a significant contribution to the zonal (meridional) component. Finally, applying wavelet analysis to the complex amplitude of the total diurnal tide, modulating periods between 5 and 80 days are observed in the SIMONE measurements and the WACCM-X model. These modulations might be associated to planetary waves and intraseasonal oscillations in the lower tropical atmosphere.

Download PDF

Download ePub

Section

[2. Aeronomy](#)

Collection

[16th International Symposium on Equatorial Aeronomy \(ISEA-16\), 2022](#)

Sections [Figures](#) [References](#)

Abstract

[Introduction](#)

[Data set](#)

[Methods](#)

[Results](#)

[Discussion](#)

[Concluding remarks](#)

[Annex 1](#)

[Annex 2](#)

[Availability of data and materials](#)

[Abbreviations](#)

[References](#)



About us

All journals

All articles

[Submit your research](#)

Frontiers in Astronomy and Space Sciences

Sections

Articles

Research Topics

Editorial board

About journal

METHODS article

Front. Astron. Space Sci.

Sec. Space Physics

Volume 11 - 2024 | doi: 10.3389/fspas.2024.1442315

This article is part of the Research Topic
Frontier Research in Equatorial Aeronomy and Space
Physics

[View all articles >](#)

Short-term prediction of horizontal winds in the mesosphere and lower thermosphere over coastal Peru using a Hybrid Model Provisionally accepted



Christian Mauricio ^{1,2*}



Jose Suclupe ³



Marco Milla ⁴



Carlos López De Castila ²



Karim Kuyeng ⁵



Danny Scipion ⁵



Rodolfo Rodríguez ⁶

¹ Other, Lima, Peru

² Department of Statistics and Informatics, National Agrarian University, Lima, Peru

³ Leibniz Institute of Atmospheric Physics (LG), Rostock, Mecklenburg-Vorpommern, Germany

⁴ Section of Electricity and Electronics, Department of Engineering, Pontifical Catholic University of Peru, Lima, Peru

⁵ Jicamarca Radio Observatory, Instituto Geofísico del Perú, Lima, Peru

⁶ Ramón Mujica Scientific Station, University of Piura, Lima, Peru



Taller de avances

   RADIO OBSERVATORIO DE JICAMARCA

[INICIO](#) > [ORGANISMO](#) > [BASE DE DATOS](#) > [TEMPOREAL](#) > [CENTRO NACIONAL DE MONITORIO DE CLIMA ESCOLAR](#) 

TALLER DE AVANCES DEL PROYECTO DE "ESTUDIO DE CLIMATOLOGÍA Y PRONÓSTICO DE VIENTOS EN LA MESÓSFERA Y BAJA TERMÓSFERA SOBRE LA COSTA CENTRAL Y NORTE DEL PERÚ"



PROYECTO DE "ESTUDIO DE CLIMATOLOGÍA Y PRONÓSTICO DE VIENTOS EN LA MESÓSFERA Y BAJA TERMÓSFERA SOBRE LA COSTA CENTRAL Y NORTE DEL PERÚ"

En asociación con

Con el auspicio de





Presentaciones internacionales



Certificate

On behalf of the International Organizing Committee (LOC), we certify that

José Manuel Suclupe Osorio

has presented the work "Climatology of Tides and Quasi-Two-Days PWs in the MLT region over the Central Coast of Peru (11.95°S, 76.87°W) and Comparison with WACCM-X model" during the XIII COLAGE that was held in São José dos Campos, between 27 November and 02 December 2022.

São José dos Campos, December 7th, 2022.

Clezio Marcos De Nardin
President of ALAGE 2021-2022



XII Latin American Conference on Space Geophysics
(Colage 2021) held Online (in Chile) from 22 to 26 of
November 2021

CERTIFICATE OF PRESENTATION

I certify that José Suclupe presented "CLIMATOLOGY OF DIURNAL AND SEMIDIURNAL TIDES AND QUASI-TWO-DAY PLANETARY WAVES IN THE MESOSPHERE AND LOWER THERMOSPHERE OVER THE CENTRAL COAST OF PERU" at the XII Latin American Conference on Space Geophysics.

Professor Juan Alejandro Valdivia

Local Organizing Committee

Departamento de Física, Facultad de Ciencias, Universidad de Chile

Email: alejo@uchile.cl



This certifies the attendance and participation of

Karim M Kuyeng Ruiz

for the poster entitled

"Climatology of tides and Q2D PWs in the MLT region over the Central coast of Peru and comparison with WACCM-X model"

Michelle McCambridge
CEDAR Organizing Committee





Resultados esperados (cont.)

- 01 software para la predicción y pronóstico de vientos de la mesosfera y baja termosfera sobre la costa centro y norte del Perú
- 01 sistema de recepción digital SDR que cuenta con un generador de energía renovable para la ampliación de la red de radares SIMONe en Perú



Organizado por:



UNIVERSIDAD
DE PIURA

Con el auspicio de:



Convenio No.
075-2021-FONDECYT



*Ciencia para **protegernos***
*Ciencia para **avanzar***