

**PRÓLOGOS:**

Ana Franchi  
Dora Barrancos  
Luz Lardone

**COORDINACIÓN:**

Constanza Estepa  
Lucía Desuque  
Marina Baima



# VOCES FEMENINAS EN LA INVESTIGACIÓN

---

Informes técnicos

\* UNRaf  
Ediciones

Santa Fe  
Provincia







**VOCES FEMENINAS EN LA INVESTIGACIÓN**  
Informes técnicos





# VOCES FEMENINAS EN LA INVESTIGACIÓN

Informes técnicos



Franchi, Ana

Voces femeninas en la investigación: Informes técnicos / Ana Franchi;  
Dora Barrancos; Luz Lardone; Coordinación general de Constanza  
Estepa; Lucía Desuque; Marina Baima.

- 1a ed. - Rafaela: Ediciones UNRaf, 2023.

936 p.; 21 x 15 cm.

ISBN 978-987-4920-56-0

1. Proyectos de Investigación. 2. Informes Técnicos. 3. Mujeres. I. Estepa,  
Constanza, coord. II. Desuque, Lucía, coord. III. Baima, Marina,  
coord. IV. Título.

CDD 300



## **VOCES FEMENINAS** EN LA INVESTIGACIÓN

Informes técnicos

### **Coordinación**

Constanza Estepa, Lucía Desuque, Marina Baima

### **Dirección Editorial**

Constanza Estepa

### **Edición**

Constanza Estepa, Julia Bisio, Renata Dumas

### **Corrección**

Lucía Desuque

### **Diseño de tapa**

Carla Gobbi

### **Maquetación**

Lucas Mililli | Estudio Metonimia

### **Producción y comunicación**

Carla Gobbi, Cecilia Pelliza, Facundo Ruiz Baleani

ISBN 978-987-4920-56-0

Queda hecho el depósito que establece la ley 11.723.

Prohibida su reproducción total o parcial.

Este libro se terminó de imprimir en el mes de septiembre de 2023  
en **XANTO** [Conceptos Gráficos] | Mattos 3373 | Tel: 4333587 - 5251451  
info@xanto.com.ar | Crespo 2300 | Rosario | Santa Fe | Argentina.

Tirada de 120 ejemplares.

## AUTORIDADES

Gobernador de la Provincia de Santa Fe  
OMAR ÁNGEL PEROTTI

Ministro de Producción, Ciencia  
y Tecnología de Santa Fe  
DANIEL COSTAMAGNA

Ministra de igualdad, Género  
y Diversidad de Santa Fe  
FLORENCIA MARINARO

Secretaría de Ciencia,  
Tecnología e Innovación  
MARINA BAIMA

Secretaria de Administración  
MELINA GAVATORTA



# ÍNDICE

<b>PRESENTACIÓN</b> .....	23
por <i>Constanza Estepa</i> y <i>Lucía Desuque</i>	
<b>PREFACIO</b> .....	31
por <i>Dora Barrancos</i>	
<b>PRÓLOGO</b> .....	35
por <i>Ana Franchi</i>	
<b>PRÓLOGO</b> .....	39
por <i>Luz Lardone</i>	

## **ESTANCIAS DE MOVILIDAD INTERNACIONALES INVESTIGADORAS INVITADAS**

<b>Un viaje propio</b> .....	51
por <i>Marcia Arbusti</i>	
<b>Acuaponía, un modelo sostenible y agroecológico de cultivo de peces, crustáceos y vegetales para la alimentación humana</b> .....	65
por <i>Débora De Azevedo Carvalho</i>	

**Diseño teórico de nuevos materiales para baterías** ..... 77  
por *Estefanía Colombo*

**Productoras agroecológicas en el sur de Santa Fe.  
Un abordaje sobre la historia argentina reciente** ..... 87  
por *Laura Pasquali*

**Eje Intestino-Cerebro: ¿cómo se transmite  
la información desde la madre a la progenie?** ..... 95  
por *María Florencia Rossetti*

**Estadía de perfeccionamiento en técnicas  
de caracterización *in-situ* de superficies:  
XPS a presiones cercanas al ambiente (NAP-XPS)** ..... 109  
por *Ana María Tarditi*

## **ESTANCIAS DE INVESTIGACIÓN**

**Técnicas ecofisiológicas y relaciones  
parásito-hospedador en aves** ..... 123  
por *Sofía Irene Arce*

**Materiales basados en celulosa para liberación  
modificada de componentes activos** ..... 137  
por *María Cecilia Balbi*

**Enfoque multitecnológico destinado a mejorar  
la farmacoterapia de la enfermedad de Chagas** ..... 153  
por *Giselle Rocío Bedogni*

**Política y estética en repertorios de protesta  
y activismos políticos en espacio público  
de los feminismos** ..... 161  
por *Luciana María Bertolaccini*

<b>Estudio de una estrategia de vacunación basada en el direccionamiento de antígenos de <i>Trypanosoma cruzi</i> a células dendríticas</b> .....	179
por <i>Lucía Biscari</i>	
<b>Metodologías participativas para la participación ciudadana. Una aproximación a la experiencia de la Red CIMAS de la Universidad Complutense de Madrid</b> .....	197
por <i>Lucía Caisso</i>	
<b>Bioindicación con invertebrados acuáticos</b> .....	205
por <i>Julieta Capeletti</i>	
<b>Caracterización de la diversidad de <i>Leptospira spp.</i> en muestras de ambientes acuáticos de Santa Fe, Argentina</b> .....	209
por <i>Julieta Verónica Carletti</i>	
<b>Fortalecimiento de la cadena algodonera: fitomejoramiento y manejo integrado del cultivo de algodón</b> .....	215
por <i>Antonela Estefanía Cereijo</i>	
<b>Vigilancia Sanitaria de anomalías congénitas en la Provincia de Santa Fe: evaluación de factores de riesgo maternos y ambientales</b> .....	223
por <i>Carlina Colussi</i>	
<b>Estancia de investigación en el Centro de Estudios Sociológicos sobre la Vida Cotidiana y el Trabajo (QUIT) de la Universidad Autónoma de Barcelona (UAB)</b> .....	233
por <i>Tania Fabrina Corsetti</i>	

**Los aportes de las criminologías feministas  
a los estudios sobre mujeres y mercados de drogas  
ilegalizadas** ..... 247

por *Carolina D'Amelio*

**Desarrollo de nanocatalizadores a partir  
del desecho agroindustrial cáscara de arroz  
de la región santafesina para su utilización  
en procesos de captura de CO<sub>2</sub>** ..... 267

por *Betina María Cecilia Faroldi*

**Articulaciones internacionales e interdisciplinarias.  
En busca de la arquitectura como “interfaz pedagógica”  
en las ciudades de Madrid, Berlín y Rosario** ..... 275

por *Florencia Fernández Méndez*

**Epigenética y aclimatación de hortalizas  
al estrés ambiental** ..... 295

por *Lucía Victoria Ferrero*

**Informe de la estancia de investigación sobre  
organizaciones, políticas y activistas en torno  
a las migraciones, los derechos humanos,  
el antirracismo y la diversidad de género  
en Pamplona, Navarra, España, 2022** ..... 297

por *Mariana Beatriz García*

**Clara alternativa a surfactantes de origen sintético:  
exploración de la producción de biosurfactantes  
por *Pseudomonas syringae pv tabaci* mediante  
la fermentación en estado sólido y la revalorización  
de residuos de la industria alimentaria** ..... 307

por *Carla Nahir Haidar*

**Método para estimar un indicador de la calidad del aire basado en la atenuación de la radiación solar ..... 323**  
por *Adriana Ipiña Hernandez*

**Caracterización de plantas de *Arabidopsis thaliana* sobre-expresantes del gen MsMDHAR de alfalfa con posible resistencia a estrés abiótico ..... 339**  
por *Camila Jaime*

**Resignificar el acceso a la justicia desde la óptica de la Defensoría Pública de San Pablo, Brasil ..... 349**  
por *Claribel Lingiardi*

**Políticas de género y ciencia en Argentina y España ..... 361**  
por *Sacha Victoria Lione*

**Modulación de la topología del genoma por secuencias de repeticiones invertidas (IR) durante procesos de adaptación en plantas ..... 377**  
por *Regina Mencía*

**El *invencible verano* del feminismo universitario en América Latina. Articulaciones estratégicas entre México y Argentina ..... 381**  
por *Rocío Mariel Moltoni*

**Comportamiento postcosecha de naranjas “Salustiana” y “Lane Late” durante envíos a ultramar bajo diferentes condiciones de temperatura. Estudios físico-químicos y sensoriales ..... 395**  
por *Luisina Lourdes Morales*

**Estadía de perfeccionamiento en uso de técnicas de caracterización de superficies y estudio específico de materiales lignocelulosos y sus derivados ..... 413**  
por *María Fernanda Mori*

**Tendencias de la temperatura mínima en las últimas décadas y las heladas en la pampa húmeda** ..... 421  
por *Gabriela Viviana Müller*

**Microdissección cromosómica para la síntesis de una sonda cromosómica específica de *Caiman latirostris* (yacaré overo) con aplicación futura en evaluación de daño genotóxico específico** ..... 433  
por *Lucía Magdalena Odetti*

**Estancia de investigación en la Faculdade de Ciências de la Universidad Estadual Paulista (UNESP) para desarrollar actividades en materiales compuestos con memoria de forma y estimulación remota obtenidos a partir de poliuretanos y nanopartículas de oro** ..... 443  
por *María Lis Polo*

**Notas acerca de mi primera estancia de investigación en el sur de Brasil** ..... 461  
por *Agostina Razzetti Koller*

**Optimización de la producción de microalgas en fotobiorreactores y biorrefinería con especies de interés biotecnológico** ..... 469  
por *Luciana Regaldo*

**Pasantía en el Centro de Ingeniería Biológica, Universidad de Minho (Campus de Gualtar, Braga, Portugal) para realizar la extracción de proteínas de espirulina por técnicas amigables con el medio ambiente y evaluar la digestión gastrointestinal de dichos aislados proteicos** ..... 485  
por *María Florencia Sanchez*

**Cuerpo y género. Diálogos feministas para la cultura y la educación física en la sociedad contemporánea** ..... 493  
por *María Laura Schaufler*

**Estudio del transporte de hemo y hemoglobina en mutantes endocíticas nulas de *Trypanosoma cruzi*** ..... 513  
por *Evelyn Tevere*

**Cría y parasitismo entre *Cerastitis capitata* (Diptera: Tephritidae) y *Psytalia concolor* (Hymenoptera: Braconidae)** ..... 523  
por *María Amalia Trod*

**Difusión e implementación de modelos policiales alternativos en Santa Fe y Uruguay** ..... 531  
por *Rocío María Truchet*

**Sistema de economía circular. Procesamiento de residuos de las empresas agroindustriales para alcanzar el objetivo de cero residuos mientras se produce proteína de microalgas para la alimentación animal y obtención de compuestos bioactivos** ..... 541  
por *María Belén Velázquez*

## **PARTICIPACIÓN EN EVENTOS CIENTÍFICOS**

**La transmisión de valores familiares al gobierno de la empresa** ..... 555  
por *Noelia Caren Barberis*

**Alcances y desafíos de la Economía Popular, Social y Solidaria del sur de Santa Fe como estrategia laboral y productiva para la reactivación económica en la post-pandemia. Difusión de estudios locales y fortalecimiento de las estrategias colectivas y las políticas públicas** ..... 567  
por *María Victoria Deux Marzi*

**El despliegue del gobierno de la (in)seguridad en el marco de la racionalidad neoliberal: desde las estrategias de prevención del delito a las desapariciones forzadas** ..... 579  
por *Luciana Noelia Ginga*

**La vía de utilización de ácido lipoico en *Staphylococcus aureus* es un blanco prometedor para el desarrollo de antimicrobianos** ..... 589  
por *Albertina Scattolini*

**Desarrollos en Suramérica del Conocimiento Matemático para la Enseñanza en la Formación Docente de Profesores en Matemática** ..... 601  
por *Natalia Fátima Sgreccia*

**Presentación del trabajo “Una aproximación metodológica para estudiar las experiencias de las trabajadoras de la educación de la ciudad de Rosario en el marco de la pandemia del COVID-19”. El desafío de entrevistar en la 9ª Conferencia Latinoamericana y Caribeña de Ciencias Sociales** ..... 609  
por *Lorena Luz Sguigna*

**Actividades académicas en clave de género. Breve recorrido sobre una experiencia personal** ..... 617  
por *Maialen Somaglia*

**Diálogos en torno a investigaciones sobre políticas estatales y organizaciones indígenas en Argentina y Colombia** ..... 623  
por *María Victoria Taruselli*

**Reflexiones teóricas sobre las migraciones recientes en la ciudad de Rafaela, Santa Fe** ..... 635  
por *Denise Zenklusen*

## **ESTANCIAS DE MOVILIDAD NACIONALES ESTANCIAS DE INVESTIGACIÓN**

**Aspectos ecológicos y filogenéticos como determinantes de las comunidades parasitarias en ofidios del Chaco argentino** ..... 657  
por *Vanesa Arzamendia*

**Iniciación en el desarrollo de modelos computacionales: glicomacropéptidos y polielectrolito ácido** ..... 663  
por *Sofía Baldor*

**Diversidad y ecología de reptiles y anfibios del Chaco Seco Argentino, un estudio con énfasis en sus características tróficas y reproductivas** ..... 671  
por *Gisela Bellini*

**Derivas de las Becas de Movilidad con perspectiva de género: alfabetización académica y escritura profesional en la Licenciatura en Trabajo Social** ..... 677  
por *Pamela Virginia Bórtoli*

**Caracterización y análisis estructural de nuevas fases sólidas de ingredientes farmacéuticos activos** ..... 687  
por *Natalia Lorena Calvo*

**Temas de indagación: abordaje de la violencia de género contra las infancias en instituciones escolares ..... 705**

por *Carolina Cravero*

**Pasantía en el Instituto de Tecnología de Alimentos y Procesos Químicos (UBA-CONICET) para evaluar la interacción entre proteínas lácteas y antioxidantes como estrategia de estabilización ..... 713**

por *Ornella Ferreyra*

**Cartografías diversas: experiencias y prácticas de mujeres y diversidades sexuales en la producción social de espacios de encuentro y visibilidad identitaria en la ciudad de Santa Fe (1980-2024) ..... 723**

por *Dianela Jael Gabn*

**Calidad bacteriológica en ecosistemas acuáticos circundantes a la ciudad de Santa Fe: caracterización de los mecanismos de resistencia a antibióticos y marcadores genéticos asociados ..... 739**

por *María Josefina González*

**Comunidades microbianas y reciclado de nutrientes en sistemas acuáticos continentales ..... 745**

por *María Florencia Gutiérrez*

***Trypanosoma cruzi* ¿un héroe en la lucha contra el cáncer? Predicción de epítomos T y análisis inmunopeptidómico de la reactividad cruzada como estrategia racional para el diseño de inmunoterapias antitumorales ..... 747**

por *Cintia Daniela Kaufman*

**Ensayos de citotoxicidad ..... 759**

por *Georgina Martini*

<b>Obtención y caracterización de carbones magnéticos para ser utilizados en descontaminación de efluentes provenientes de la industria ganadera</b> .....	775
por <i>María del Rosario Morel</i>	
<b>Los museos de arte y sus públicos</b> .....	787
por <i>Alejandra Gabriela Panozzo Zenere</i>	
<b>Nanoecotoxicología: Evaluación de efectos letales y subletales de nanopartículas (NPs) metálicas sobre organismos acuáticos de distinto nivel trófico</b> .....	801
por <i>Natalí Romero</i>	
<b>Trabajo de campo en el Instituto de Cultura Popular (INCUPRO) en la ciudad de Resistencia y Corrientes</b> .....	813
por <i>María Cecilia Telleria</i>	
<b>Caracterización bioquímica, nutricional y anatómica del maqui (<i>Aristotelia chilensis</i>), una baya nativa de los bosques Andino Patagónicos</b> .....	829
por <i>Karina Eva Josefina Tripodi</i>	

## **PARTICIPACIÓN EN EVENTOS CIENTÍFICOS**

<b>La unidad económica agraria. Un análisis desde su dimensión ecológica como herramienta jurídica para la protección del suelo: el caso Provincia de Santa Fe</b> .....	839
por <i>María Valeria Berros</i>	
<b>Síntesis, caracterización y desempeño catalítico de diferentes materiales</b> .....	851
por <i>María Verónica Bosco</i>	

**Optimización de catalizadores de Co y Ni soportados sobre CeO<sub>2</sub> frente al reformado de etanol con vapor de agua** ..... 857  
por *Florencia Dalotto*

**Gasificación catalítica de biomasa a escala banco para generar energía** ..... 863  
por *Lina Vanesa García Peña*

**Participación en la 6° Edición del Congreso Latinoamericano de Ingeniería y Ciencias Aplicadas “CLICAP 2022” y su evento asociado, el 5° Encuentro AUSAL, con el trabajo: “Incorporación de harina de lentejas fermentada con kéfir en magdalenas de chocolate: análisis del perfil de textura”** ..... 869  
por *Micaela Parmigiani*

**Presentación de Trabajo de Investigación en XXII Congreso Argentino de Catálisis: “Purificación de 1-Penteno en Corrientes Alqueno/Alquino con Catalizadores de Pd-soportado: Efecto del Soporte y Cloro Residual”** ..... 877  
por *Mónica Quiroga*

**“Caracterización de tars de pirólisis de biombras residuales” en el XXII Congreso Argentino de Catálisis** ..... 891  
por *Paula Judith Saires*

**Catalizadores porosos de TiO<sub>2</sub>, ZrO<sub>2</sub> y TiO<sub>2</sub>-ZrO<sub>2</sub> para la conversión de biomasa lignocelulósica** ..... 905  
por *Inés Silvia Tiscornia*

**Catalizadores basados en óxido de cerio empleados  
en procesos catalíticos sustentables:  
divulgación de resultados científicos  
en el XXII Congreso Argentino de Catálisis ..... 919**  
por *María Julia Vecchietti*

**EPÍLOGO**

**Nuestras Voces en la Investigación:  
Género con Ciencia ..... 925**  
por *María Florencia Marinaro*

**EPÍLOGO ..... 927**  
por *Marina Baima*

**SOBRE LAS AUTORAS ..... 931**

# Método para estimar un indicador de la calidad del aire basado en la atenuación de la radiación solar

ADRIANA IPIÑA HERNANDEZ

## Introducción

La contaminación atmosférica es un problema que va en ascenso a nivel mundial. El material particulado es un indicador de la calidad del aire clasificado según su diámetro aerodinámico y su impacto en la salud. Muchos servicios de monitoreo ambiental reportan las concentraciones de partículas gruesas ( $PM_{10}$ ) y de partículas finas ( $PM_{2,5}$ ), las cuales tienen tanto origen natural como antropogénico (derivado de actividades humanas). Los aerosoles naturales provienen de la ceniza volcánica, arena, polen, etc., mientras que los antropogénicos son emanados de las industrias, la ganadería, el transporte, construcciones, cocinas a leña, quema de combustibles fósiles e incendios forestales. Rosario es la tercera ciudad más poblada de Argentina y junto con su área metropolitana superan el millón y medio de habitantes. A pesar de su relevancia, la ciudad actualmente no cuenta con un sistema de monitoreo de la calidad del aire que opere de manera constante. En virtud de la vinculación

establecida por la Dra. Adriana Ipiña Hernandez, investigadora del Instituto de Física Rosario, con el Sistema Integral de Monitoreo Ambiental (SIMA) del gobierno del Estado de Nuevo León (México), se planteó un primer abordaje a esta problemática en el marco de las Becas de Movilidad con Perspectiva de Género 2021. Tomando en cuenta los grandes retos económicos y ambientales que enfrenta la sociedad santafesina, relacionados a la falta de instrumentos especializados para medir la contaminación atmosférica, en este proyecto se propuso derivar un indicador de la calidad del aire a partir del análisis de modelos y mediciones de la radiación solar.

Las redes de monitoreo ambiental que actualmente funcionan en distintas regiones urbanas responden a normativas propias para controlar las emisiones contaminantes de origen antropogénico. La exposición prolongada al material particulado representa un alto riesgo para la salud humana, causando cerca de 3 millones de muertes al año en todo el mundo. La ONU ha definido al aire limpio como un derecho humano, por ello la buena calidad del aire es indispensable para gozar de buena salud. Contar con dicha información contribuye al propósito de garantizar el derecho a respirar aire limpio, ofreciendo una herramienta tanto para las instituciones gubernamentales como para la sociedad. En los últimos años, a las fuentes de contaminación móviles y de área se le han sumado las emisiones de los incendios forestales. En el año 2020, la sequía, el nivel más bajo del río Paraná en los últimos 50 años y el uso del fuego para eliminar los pastos nativos, provocaron cifras récord de incendios en el Delta del río Paraná. La llegada del humo a la ciudad de Rosario elevó la concentración de  $PM_{2.5}$ , superando en varios momentos del día el valor límite definido por la Organización Mundial de la Salud (Ipiña & López-Padilla, 2022). La base de este tratamiento de datos tiene sus fundamentos en los

modelos de transferencia radiativa y la técnica DOAS (por su acrónimo en inglés para referirse a la Espectrometría de Absorción Óptica Diferencial). Para este estudio se emplearon mediciones de las estaciones de monitoreo ambiental del SIMA, las cuales registran las concentraciones de uno o más contaminantes del aire y la radiación solar. Esta red fue soporte para el análisis y validación de la metodología que involucra mediciones de radiación solar usando un instrumento portátil propiedad del IFIR-CONICET-UNR y la medición de  $PM_{2.5}$  (como un indicador de la calidad del aire). Esta metodología fue ejecutada con un código computacional y el modelo TUV para su posterior aplicación en las condiciones ambientales de Rosario. La principal motivación de este proyecto es brindar un beneficio social a través de un indicador de la calidad del aire en la ciudad de Rosario. En materia de diseño e instalación de redes de monitoreo de la calidad del aire, la alta inversión inicial de equipamiento y el capital humano capacitado para operarlas desalienta con frecuencia su implementación. Los métodos para dar un primer paso al conocimiento de la calidad del aire ayudan a una mejor planeación y proyección a futuro en las zonas donde apremia el muestreo y control de contaminantes.

La calidad del aire se puede estimar por métodos no continuos, donde se toma la muestra y posteriormente se deriva la concentración de partículas suspendidas en laboratorio (Molina *et al.*, 2007). En general, estos suelen ser costosos. Por otro lado, la medición de la radiación solar permite estimar la composición atmosférica. La técnica DOAS se basa en la interacción de la luz solar descrita cuantitativamente por la ley de Lambert-Beer (Platt *et al.*, 2008). Basado en este principio y la aplicación de modelos de transferencia radiativa, es posible calcular concentraciones de gases y partículas (Cabrera *et al.*, 2012; Ipiña *et al.*, 2022).

La intensidad de la radiación solar a nivel del suelo depende de la ubicación geográfica, la composición atmosférica, las horas del día y de los días del año. La componente ultravioleta (UV) solar en la superficie terrestre es la más energética por fotón incidente y se subdivide en dos rangos: UVB (290-320 nm) y UVA (320-400 nm). Los principales componentes que absorben en el rango UV son: el ozono ( $O_3$ ), los aerosoles (partículas en suspensión atmosférica) y en menor proporción la absorben el dióxido de nitrógeno ( $NO_2$ ), el dióxido de azufre ( $SO_2$ ), entre otros gases. Las partículas en suspensión atmosférica se clasifican en totales (TSP, por sus siglas en inglés), gruesas (de tamaño menor o igual a 10 micrómetros,  $PM_{10}$ ) y finas (de diámetro igual o menor a 2.5 micrómetros,  $PM_{2.5}$ ). El análisis de la irradiancia solar global horizontal (GHI) y su componente UV permiten obtener mediante modelización, el valor de aerosol y su correlación con la concentración de  $PM_{2.5}$  como indicador de la calidad del aire. En la literatura existen diferentes modelos para identificar la GHI en cielo despejado, con diversos niveles de complejidad y parámetros de entrada. Las observaciones libres de nubes permiten estimar sin interferencias, los componentes atmosféricos, entre ellos los aerosoles. Los modelos que calculan la GHI requieren datos de las condiciones a) atmosféricas, b) meteorológicas y c) geométricas (Nwokolo & Ogbulezie, 2018; Bayrakçı *et al.*, 2018). Estos datos de entrada para cada grupo son: a) profundidad óptica del aerosol (AOD, acrónimo en inglés), agua precipitable,  $NO_2$ ,  $SO_2$ ,  $O_3$ , metano, entre otros, b) humedad relativa, presión, temperatura, nubes y el índice de claridad, c) ángulo cenital, horas de luz solar, latitud y longitud.

Dependiendo de la incertidumbre de los datos de entrada en el modelo, es precisión con la que se calcula la radiación solar (Ruiz-Arias & Gueymard, 2018). Para la clasificación de radiación solar diaria se definen tres condiciones de

cielo: despejado, parcialmente nublado y nublado (Maafi & Harrouni, 2003). En este trabajo se emplearon mediciones de GHI y de irradiancia solar UV durante los 45 días de la estancia. Se implementaron métodos para identificar los días de cielo despejado y correlacionar el aerosol con las concentraciones de  $PM_{2.5}$  medidas en las estaciones del SIMA como indicador de calidad del aire.

### Metodología

Se midieron en diferentes sitios (Figura 1) del Área Metropolitana de Monterrey (AMM) el  $PM_{2.5}$ , la radiación solar global y la irradiancia solar UV (UVA+UVB).



FIGURA 1. Estaciones del SIMA de medición de GHI (en verde) y sitios de medición de irradiancia solar UV (en amarillo). Ejido El toro a 80 km del AMM (esquina inferior izquierda).

### Mediciones de irradiancia solar global y $PM_{2.5}$

El AMM se ubica en una región montañosa donde se realizan extracciones de material para la construcción (pedreras) a la par de actividades industriales y un alto flujo vehicular. El SIMA del gobierno del Estado de Nuevo León en México tiene como objetivo monitorear la calidad del aire y alertar

a la población cuando se alcanzan altos índices de contaminación atmosférica. El SIMA cuenta con un total de 16 estaciones de monitoreo distribuidas en el AMM que miden de manera continua la GHI y  $PM_{2.5}$ . Se realizó un filtrado de datos mediante los criterios: a) un dato diario es válido cuando tiene al menos 10 mediciones entre las 8 y las 19 horas, a) un promedio mensual es válido cuando contiene al menos 21 datos diarios. En la Figura 2 se muestra la distribución de los datos mensuales que cumplen estas condiciones. Los datos de GHI fueron procesados para seleccionar aquellos medidos bajo cielo despejado. Con base en estos criterios, se seleccionaron las mediciones provistas por las estaciones Noroeste, Noreste, Sureste 2 y Suroeste de 2019 a 2021 para aplicar el test. Estas estaciones se encuentran sobre una topografía representativa y zonas estratégicas expuestas a diferentes fuentes de emisión.

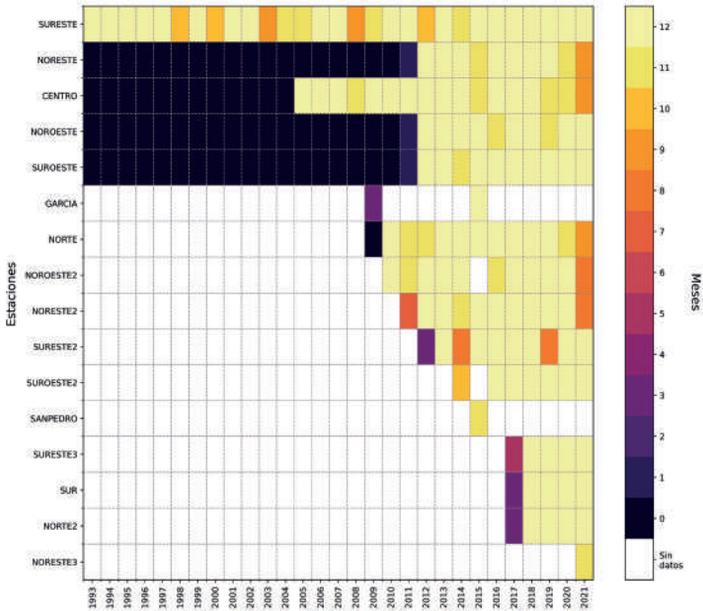


FIGURA 2. Mediciones mensuales de irradiación solar global horizontal (GHI) en las estaciones del SIMA consideradas en el conteo durante el periodo 1993-2021.

## Mediciones de irradiancia solar UV

Las mediciones de irradiancia solar UV se realizaron con dispositivo portátil marca Solarmeter® modelo 5.0 (rango de sensibilidad 280-400 nm, *accuracy*:  $\pm 5$  Ref. NIST). Las mediciones se llevaron a cabo en 5 lugares: Palacio de Justicia (ubicado a 5 km de la estación Noroeste del SIMA), Las Palmas (zona residencial de la Universidad Autónoma de Nuevo León), Obispado (frente a la estación Centro del SIMA), Chipinque (reserva natural sobre montañas) y en el ejido El toro (zona rural a 80 km de Monterrey). En la Figura 3 se muestra el horizonte de dos sitios de medición manual.

## Modelos de clasificación

a) Modelos de transferencia radiativa o geométricos. Para clasificar las condiciones de cielo se emplean modelos basados en ecuaciones<sup>1</sup> que comparan la curva de GHI para un día sin nubes mediante: a) Índice de claridad (KT) y b) GHI Robledo-Soler (RS). El KT es un umbral que se obtiene con la relación  $GHI/GHI_0$  (radiación global a nivel del suelo sobre la radiación solar extraterrestre). No existe una escala estándar de KT, ya que varía según el sitio (Mabasa *et al.*, 2021), por lo que se debe establecer un límite basado en la observación directa.

---

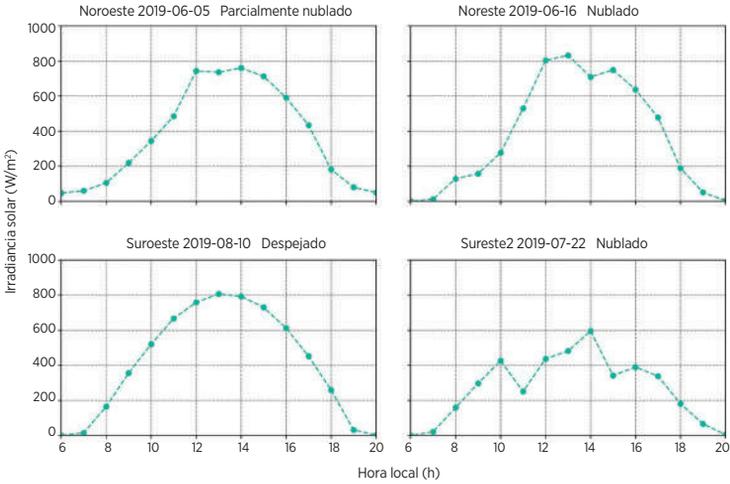
1. Reference Air Mass 1.5 Spectra | Grid Modernization | NREL



**FIGURA 3.** Obispos y estación Centro SIMA (izquierda) y Parque ecológico Chipinque (derecha).

Para el modelo RS se utilizó  $\text{GHRS} = a(\cos z) b \exp(-c(90 - z))$ , donde  $z$  es el ángulo cenital y las constantes  $a$ ,  $b$  y  $c$  para Monterrey fueron determinadas mediante mediciones: 119, 1.19 y  $10^{-6}$ , respectivamente.

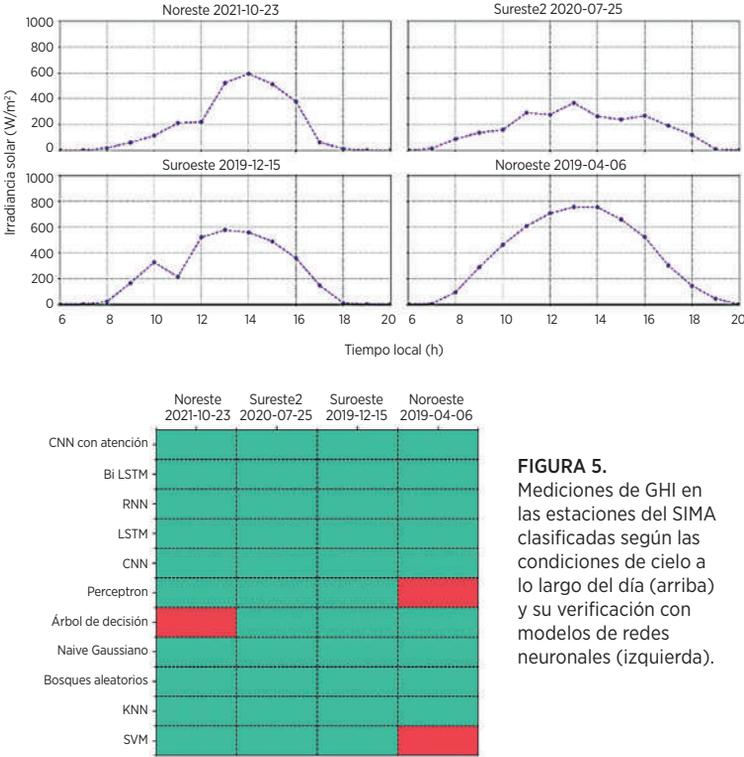
b) Modelo de redes neuronales o estadísticos. La eficiencia de cada modelo dependerá del patrón de correlaciones que mantengan los predictores con los datos de entrada. Para este trabajo, los modelos de redes neuronales empleados fueron: Support Vector Machine (SVM), K vecinos más cercanos (KNN), Árbol de decisión, Bosque Aleatorio y Naives Bayes Gaussiano, Perceptrón, Red recurrente (RNN), Red convolucional (CNN), Long short-term memory (LSTM), Bidireccional Long-short-term memory (Bi-LSTM) y Red convolucional (CNN) con atención. Las condiciones de cielo se clasificaron en despejado, parcialmente nublado y nublado (Figura 4). La profundidad óptica de aerosol a 550nm (AOD550) es una medida de las partículas suspendidas en la atmósfera desde una altura hasta la superficie terrestre. El  $\text{PM}_{2.5}$  a nivel del suelo interactúa con la radiación solar causando efectos de dispersión y absorción, provocando así una disminución de intensidad con respecto a la original.



**FIGURA 4.** Mediciones de irradiancia solar global horizontal (GHI) en las estaciones Noroeste, Noreste, Suroeste y Sureste 2 a lo largo de las horas del día y diferentes condiciones de cielo.

## Resultados

**1. Clasificación de mediciones de GHI y selección de días despejados.** Los porcentajes de días según el tipo de cielo fueron: nublado 46.5%, parcialmente nublado 31.1% y completamente despejado 22.3%. La eficiencia de los modelos de clasificación fue evaluada con mediciones donde previamente se conocían las condiciones de cielo. En la Figura 5 se muestran la GHI medida cuatro fechas bajo diferentes tipos de cielo y una tabla con la verificación de los métodos de clasificación. Las celdas verdes representan las clasificaciones coincidentes y las rojas son las discordantes con las condiciones de cielo observadas. A partir de la identificación del método más eficiente, se aplicó de manera uniforme para obtener los días despejados.



**FIGURA 5.** Mediciones de GHI en las estaciones del SIMA clasificadas según las condiciones de cielo a lo largo del día (arriba) y su verificación con modelos de redes neuronales (izquierda).

**2. Medición y procesamiento de la radiación solar UV y PM<sub>2.5</sub>.** Las mediciones de radiación solar UV se realizaron del 20 de junio al 5 de agosto 2022 frente al Palacio de Justicia [25.73 N, 100.34 O, 541 msnm], el principal sitio de medición para todas las fechas en condiciones de cielo despejado (Figura 6). Se procesaron los promedios horarios de PM<sub>2.5</sub> de las estaciones Obispado y San Bernabé en las cuales también tienen instrumentos que registran la GHI, cercanos a dos sitios de medición UV (Obispado y Palacio de Justicia). Con el objetivo de comparar lugares expuestos a diferentes fuentes de emisión (Figura 7), se midió la radiación solar UV en 4 sitios adicionales: Las Palmas (9/07/2022), Obispado (20/07/2022), Chipinque (30/07/2022) y el ejido El toro (3/08/2022), dos ubicados en zonas urbanas y dos en

zonas naturales/rurales, respectivamente. La irradiancia solar UV mostró diferencias en su intensidad máxima al mediodía solar, principalmente en las zonas no urbanas.

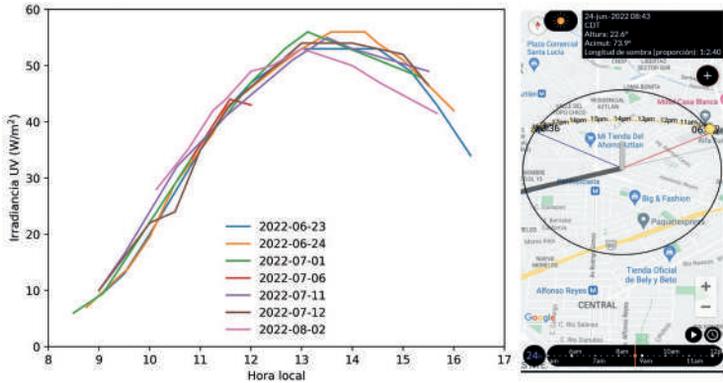


FIGURA 6. Mediciones de la irradiancia UV con radiómetro Solarmeter® entre junio y agosto 2022 (izq). Trayectoria solar en el sitio Palacio de Justicia [25.73 N, 100.34 O, 541 msnm] (der)

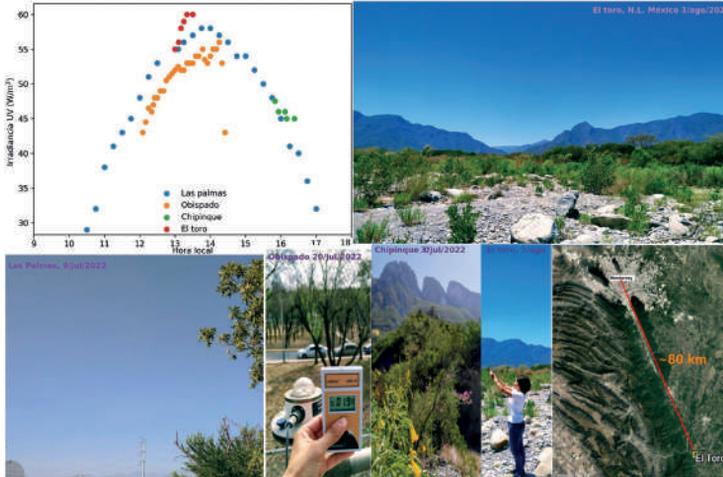


FIGURA 7. Irradiancia solar UV medida bajo cielo despejado en diferentes sitios del AMM.

**3. Estimación de AOD550 con el modelo TUV.** El modelo TUV se ajustó variando el AOD550 (aerosoles) hasta llegar a una diferencia relativa del 10% respecto a las mediciones

de irradiancia UV cada hora, tomadas en los sitios: a) Obispado y b) Palacio de Justicia (cerca de estación San Bernabé), los días 23 y 24 de junio 2022.

**4. Análisis de PM<sub>2.5</sub> como indicador de la calidad del aire y AOD550.** Las mediciones de PM<sub>2.5</sub> de las estaciones Obispado y San Bernabé del SIMA fueron seleccionadas especialmente dada su cercanía a los dos sitios donde se realizaron las mediciones de irradiancia solar UV (Obispado y Palacio de Justicia). Esta comparación de dos parámetros según los tamaños de partículas revela características del comportamiento del material particulado en altura y en superficie. El valor de AOD550 basado en mediciones de radiación solar UV y la medición de PM<sub>2.5</sub> tuvieron un comportamiento similar el día 24 e inverso el día 23 de junio de 2022 (Figura 8). La diferencia en este último se debe a que los vientos favorecieron a alcanzar un valor prácticamente constante de AOD550=0.3 después del mediodía.

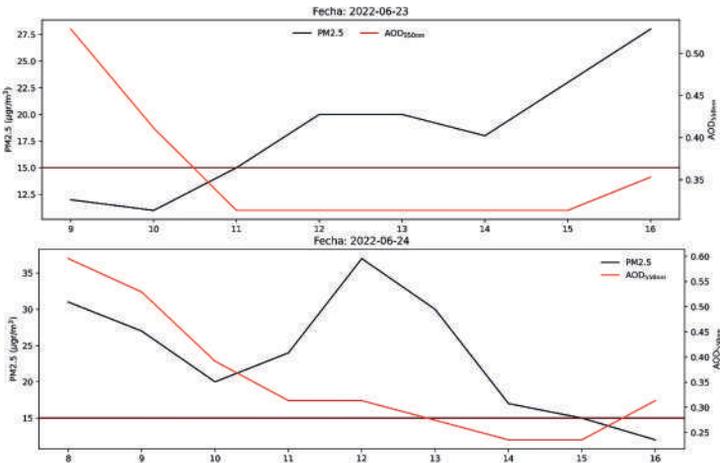


FIGURA 8. PM<sub>2.5</sub> medido en Noroeste el 23 y 24 de junio 2022 y AOD550 estimado.

La relación entre AOD550 y  $PM_{2.5}$  no presenta una tendencia lineal. En su mayoría, los valores de AOD550 no responden al incremento del  $PM_{2.5}$  promedio horario. Esto refleja que existe una influencia pronunciada de la circulación de los vientos en esta zona que debe considerarse en las siguientes aproximaciones.

## Conclusiones

1. Los modelos entrenados con base en los vectores diarios y el modelo RS son más precisos en comparación con el entrenamiento usando otras funciones.

2. En general, la probabilidad de error es baja cuando un día es clasificado como despejado y tiene una clasificación inequívoca para los días nublados.

3. Cuando la topografía de una ciudad es variable, se recomienda entrenar el modelo de identificación de días de cielo despejado para cada sitio individualmente.

4. Entre las 9:00 y las 12:00 h se alcanzan los valores máximos de  $PM_{2.5}$  en la estación Obispado. Este incremento es producto de la movilidad, ya que es una zona residencial y de Oficinas del Servicio Público de Agua y Drenaje de Monterrey. Para la estación San Bernabé (a 5 km del sitio de mediciones UV), el 23 de junio 2022 mostró un incremento de  $PM_{2.5}$  en general a partir del mediodía. Esto se debe a que la zona se ha erosionado y presenta una alta movilidad vehicular. En contraste, el 24 de junio 2022 se registró un comportamiento inverso, con valores más altos antes del mediodía disminuyendo hacia la segunda mitad del día. Esta variación podría tener una dependencia directa con la circulación de los vientos y contribución de otras diferentes fuentes móviles y fijas (entre ellas, los restaurantes con cocina a leña o carbón).

5. Si bien no existe una relación lineal entre el  $PM_{2.5}$  y el AOD550 para los días analizados, las aproximaciones tienen un buen acuerdo. Esto habilita la aplicación de estos modelos de redes neuronales para el pronóstico de valores de  $PM_{2.5}$ , así como un indicador de la calidad del aire cuando no se cuenta con instrumental especializado en la ciudad de Rosario, Argentina.

6. Frente a los actuales retos ambientales como el cambio climático y el incremento de emisiones contaminantes, es necesario establecer un límite de concentración de  $PM_{2.5}$  realista y alcanzable para una adecuada vigilancia de la calidad del aire. Es urgente contar con un inventario de emisiones de fuentes móviles, fijas y de área en la ciudad de Rosario para la gestión, el control y el cumplimiento de las normativas, en interés de cuidar la salud de la población y el medio ambiente.

## Referencias bibliográficas

- BAYRAKÇI, H. C., Demircan, C., & Keçebaş, A. (2018). The development of empirical models for estimating global solar radiation on horizontal surface: a case study. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 81, 2771-2782.
- CABRERA, S., Ipiña, A., Damiani, A., Cordero, R. R., & Piacentini, R. D. (2012). UV index values and trends in Santiago, Chile (33.5°S) based on ground and satellite data. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, 115, 73-84.
- IPIÑA, A., & López-Padilla, G. (2022). *Impacto de las emisiones derivadas de la quema de pastizales en el Delta del río Paraná en el periodo Junio-Agosto 2022*. <http://hdl.handle.net/2133/24085>

- IRIÑA, A., Salum, G., Crinó, E., & Piacentini, R. D. (2012). Satellite and ground detection of very dense smoke clouds produced on the islands of the Paraná river delta that affected a large region in Central Argentina. *Advances in Space Research*, 49, 966-977.
- MABASA, B., Lysko, M. D., Tazvinga, H., Zwane, N., & Moloji, S. J. (2021). The Performance Assessment of Six Global Horizontal Irradiance Clear Sky Models in Six Climatological Regions in South Africa. *Energies*, 14, 2583.
- MAAFI, A., & Harrouni, S. (2003). Preliminary results of the fractal classification of daily solar irradiances. *Solar Energy*, 75(1), 53-61.
- MADRONICH, S. (1987). Intercomparison of NO<sub>2</sub> photodissociation and U.V. Radiometer Measurements. *Atmospheric Environment*, 21, 569-578.
- MOLINA, L. T., Kolb, C. E., de Foy, B., Lamb, B. K., Brune, W., Jimenez, J. L., Ramos-Villegas, R., Sarmiento, J., Paramo-Figueroa, V. H., Cardenas, B., Gutierrez-Avedoy, V., & Molina, M. J. (2007). Air quality in North America's most populous city - overview of the MCMA-2003 9. campaign. *Atmospheric Chemistry Physics*, 7, 2447-2473.
- NWOKOLO, S. C., & Ogbulezie, J. C. (2018). A qualitative review of empirical models for estimating diffuse solar radiation from experimental data in Africa. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 92, 353-393.
- PLATT, U., & Stutz, J. (2008). *Differential Optical Absorption Spectroscopy. Principles and Applications*. Springer.
- RUIZ-ARIAS, J. A., & Gueymard, C. A. (2018). Worldwide intercomparison of clear-sky solar radiation models: consensus based review of direct and global irradiance components simulated at the earth surface. *Solar Energy*, 168, 10-29.