



UCA

PONTIFICIA
UNIVERSIDAD CATÓLICA
ARGENTINA
Santa María de los Buenos Aires

FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGRARIAS

1- PROYECTO

1.1 Título: Contaminantes y radiación

1.2 Área Temática

1.3 Disciplina: Ciencias de la atmósfera y Medioambiente

Especialidad: Física de la atmósfera

1.4 Área Prioritaria: Ciencias de la atmósfera y Medioambiente

1.4 Tipo de Proyecto: Investigación en Ciencias básicas y aplicadas

1.5 Lugar de Trabajo: Pontificia Universidad Católica Argentina

2- RESPONSABLES

2.1 Director

Apellido y nombre: Lakkis S. Gabriela

Cargo Docente: Investigador/Adjunto

Dedicación: 30 horas

Títulos académicos obtenidos: Dr. Ciencias Físicas

3. PLAN DE INVESTIGACIÓN

3.1 Resumen

En el contexto de cambio climático y especialmente con el advenimiento del calentamiento global, el monitoreo de especies contaminantes y gases de efecto invernadero resultan de particular

importancia en una amplia gama de disciplinas tanto de investigación básica como aplicada. El presente proyecto propone avanzar y profundizar en la presencia de especies contaminantes atmosféricas en el Hemisferio Sur y particularmente en Argentina, centrándose en las emisiones originadas en ámbitos urbanos y regionales para poder evaluar su impacto en la radiación solar, puntualizando eventos extremos climáticos y de emisiones anómalas. Adicionalmente, se monitorearán los gases de efecto invernadero en los mismos sitios de interés. Los resultados permitirán sentar las bases para el estudio de tendencias, fuentes de emisión, transporte y difusión de los mismos, incluyendo impacto en diversos sectores que puedan resultar de interés tanto para la ingeniería ambiental, como para la agronomía. La metodología incluirá manipulación de series de datos, análisis de tendencias y correlaciones.

3.2 Palabras claves

Contaminantes, aerosoles, gases de efecto invernadero, emisión, tendencias, calentamiento global, cambio climático.

3.3 Estado actual del conocimiento sobre el tema

La radiación solar es el motor principal de energía en el sistema Tierra-Atmósfera, y es la responsable, directa o indirectamente, de todos los fenómenos que afectan a la meteorología y a la climatología de dicho sistema. Cualquier factor que altere la composición de la atmósfera o la energía recibida del Sol, modifica el balance radiativo neto del sistema Tierra-Atmósfera, y por ende afecta al clima. Aunque los cambios en la energía solar recibida pueden deberse a factores propios del sistema climático, como por ejemplo los originados por variaciones en la órbita de la Tierra alrededor del Sol, las propiedades de la atmósfera y la superficie terrestre también pueden desempeñar un rol activo en la radiación solar.

Entre los factores que afectan al balance energético del sistema Tierra-Atmósfera es importante mencionar la alteración en la composición de la atmósfera a causa de las actividades humanas, que han provocado el incremento en las concentraciones de los gases de efecto invernadero y de las emisiones, entre otros contaminantes, de cenizas y material particulado. Por esta razón, es muy importante estudiar los factores que lo controlan y lo modifican, porque en definitiva se modifican las condiciones de vida sobre el planeta.

Los gases de mayor concentración que se encuentran presentes en la atmósfera (oxígeno y nitrógeno) no muestran efectos significativos sobre el clima. Si estos gases fueran los únicos componentes atmosféricos, la Tierra sería un planeta inhóspito debido a que la temperatura media sobre su superficie sería de aproximadamente -18°C . Sin embargo, algunos gases minoritarios actúan en forma tal que permiten que la radiación solar penetre hasta la superficie terrestre y atrapan la radiación infrarroja ascendente emitida por la Tierra, produciendo un calentamiento del aire próximo a la superficie terrestre, y elevando la temperatura media del planeta a $+15^{\circ}\text{C}$. Sin embargo, el aumento de la concentración de estos gases, altera esta temperatura media de equilibrio originando calentamiento global. Este incremento de la concentración de gases en la atmósfera fue observado ya desde la época industrial y está altamente vinculado con el aumento registrado en la temperatura media global del último siglo. El origen de estas emisiones es principalmente antropogénico y, por lo tanto, el hombre a través de sus actividades, ha provocado modificaciones en el clima, generando múltiples efectos en el equilibrio de los ecosistemas. Los gases de efecto invernadero más importantes presentes en la atmósfera y cuyas concentraciones han ido elevándose son el dióxido de carbono (CO_2) metano (CH_4), óxido nitroso (N_2O), clorofluorcarbonos (CFC) y ozono (O_3) entre otros debido a actividades industriales, quema de combustibles fósiles, cambios en el uso de la tierra (deforestación y expansión de la frontera agrícola) y la generación de desechos domiciliarios e industriales entre otros.

Por su parte, los aerosoles atmosféricos se pueden definir como pequeñas partículas ($< 100 \mu\text{m}$) sólidas o líquidas presentes en suspensión en la atmósfera. Además de ser generados por eventos naturales como las tormentas de arena o las erupciones volcánicas, son también emitidos en grandes cantidades por actividades de origen antropogénico, alcanzando niveles que afectan tanto al clima como a la salud humana. El efecto climático se puede producir bien de una manera directa, por fenómenos de absorción y dispersión de la radiación solar, como indirectamente al funcionar como núcleos de condensación que modifican las propiedades radiativas y la persistencia de las nubes afectando la microfísica, y por ende pueden impactando en las precipitaciones y/o el tiempo de vida medio de las nubes (Hansen, 1997; Twomey, 1991; Jones, 1994; Charlson et al., 1992). Algunos estudios han encontrado que la precipitación se ve reducida en áreas con alto grado de contaminación atmosférica (Rosenfeld, 2000; Borys et al., 2000; Freitas, 2005). Sin embargo, otros han encontrado aumento de precipitaciones alrededor de estas áreas (Shepherd & Burian, 2003; Ohashi & Kida, 2002). En particular, trabajos realizados por Pascual Flores (2019) en su tesis de doctorado muestra que la presencia de aerosoles en los Andes Centrales impacta de manera directa en las precipitaciones de la zona. En el trabajo queda demostrado que tanto a nivel regional, como a nivel local un aumento en las cantidades de contaminantes presentes en la atmósfera provoca una disminución de precipitaciones en la zona. El grado de impacto parece ser sensible a la tasa de emisión. Para incrementos de contaminantes elevados en la provincia de Mendoza, los decrementos de lluvia alcanzan hasta el 60%.

Aunque la concentración de gases de efecto invernadero es la principal causa del calentamiento global, éste no es el único factor que interviene en el cambio climático. También hay aerosoles, como el carbón negro y el mineral en polvo con alto contenido en hierro, que se comportan de manera similar a los gases de efecto invernadero, pudiendo contribuir a aumentar la temperatura del planeta y adicionalmente alterando parámetros del clima. Además, existen aerosoles como las cenizas derivadas de una erupción volcánica o de un fuego intenso, que reflejan y dispersan hacia el exterior la luz solar, provocando enfriamiento, en un fenómeno denominado “oscurecimiento global” que tendría diversos efectos negativos para el medio ambiente y para la salud humana. Estudios realizados por Bolaño et al. (2020), sugieren que la presencia de aerosoles derivados de las quemas frecuentes en Argentina y Sudamérica producen un impacto negativo en el albedo de la nieve y recursos hidrológicos generados en los Andes Centrales. También la típica niebla de las ciudades contaminadas, el smog, se origina porque estas partículas dispersan la luz. En cantidades elevadas, los aerosoles se convierten en uno de los contaminantes más dañinos para la calidad del aire respirable. Se cree que la exposición a concentraciones altas durante periodos cortos de tiempo no causa efectos graves sobre los seres humanos; sin embargo, datos epidemiológicos han demostrado que un aumento del nivel de partículas puede causar aumento de la morbilidad y mortalidad humana (Pope et al., 2009). Además, afectan negativamente a los ecosistemas y producen corrosión y suciedad de los materiales. Por lo tanto, el impacto en la contaminación ambiental por emisiones de material particulado, se sumaría a los efectos del calentamiento global. Si bien tanto los gases de efecto invernadero como la presencia y emisión de contaminantes es un tópico de estudio que en los últimos años ha logrado mucha atención y es foco de muchos trabajos de investigación, los enfoques regionales y muy particularmente los locales aún son escasos y tienen un alto grado de incertidumbre. Sólo a través de monitoreo y análisis de esta variabilidad espacio-temporal se podrán caracterizar mejor la presencia de estos gases y aerosoles, así como su impacto en la radiación solar, en la calidad de aire y en el clima. El presente proyecto propone entonces analizar el comportamiento de las emisiones de contaminantes atmosféricos y gases de efecto invernadero en el Hemisferio Sur, en particular en Argentina y con énfasis en núcleos urbanos, a través de datos de mediciones in situ o satelitales y analizar su vinculación con el comportamiento de radiación solar, calidad de aire e impacto en el clima. Dado que el impacto de la presencia de estos aerosoles e incremento de los GEIs en la atmósfera no sólo depende de las fuentes de emisión, sino también de la topografía y la meteorología local, en forma paralela se

podrán analizar los resultados obtenidos vinculándolos a eventos extremos climáticos que puedan aportar situaciones propicias para el transporte y difusión de contaminantes.

3.4 Objetivos e hipótesis de la investigación

La creciente presencia de contaminantes atmosféricos, dependiendo de su tamaño y cantidad y sujeto a las condiciones del entorno, ha modificado la composición de las nubes, impactando en la radiación solar incidente, la calidad de aire y parámetros climáticos dentro del Hemisferio Sur, y en particular en Argentina, y Buenos Aires.

En función de lo expuesto anteriormente, los objetivos específicos serán:

- Análisis de presencia de contaminantes atmosféricos en el HS, Territorio Nacional y zonas urbanas. Cálculo de tendencias y zonas de emisión dependiendo de la accesibilidad de datos.
- Idem ítem anterior para gases de efecto invernadero
- Análisis del comportamiento de radiación solar en los mismos entornos
- Análisis de posible vinculación entre los ítems 1, 2 y 3.
- Análisis de situaciones particulares de dispersión y transporte en presencia de eventos extremos.
- Estudios particulares de impacto de parámetros climáticos.

3.5 Metodología

El monitoreo de gases de efecto invernadero, así como la presencia de aerosoles se analizará por medio de datos satelitales y datos de mediciones in situ según la disponibilidad. Se analizarán series temporales de datos con la mayor cantidad de años posible dependiendo de la disponibilidad. De manera similar, la radiación solar se estimará o bien por datos satelitales o a través de métodos de estimación con datos climáticos existentes. Se estudiarán las posibles correlaciones entre las series de datos a través de diferentes métodos de regresión y correlación. Para los casos particulares donde se detecten concentraciones de emisión anómala se analizarán condiciones climáticas y de dispersión.

De la información obtenida se podrán derivar análisis de casos y situaciones particulares que brinden información sobre fuentes de emisión, calidad de aire e impactos de los resultados en diferentes aspectos ambientales e incluso sobre impactos en diferentes industrias o sectores económicos, como ser productividad y rendimiento agrícola.

3.6 Desarrollo del Trabajo y Grado de Avance

El desarrollo del presente proyecto se enmarca en trabajos de investigación en los que se desempeña la directora del proyecto y que vienen desarrollándose sobre la temática vinculada a ella, abarcando diferentes metodologías y análisis. Por un lado, estudios preliminares realizados sobre radiación solar sobre Buenos Aires, han sentado las bases para estimar el comportamiento normal de la radiación solar incidente a través de métodos de estimación. Los resultados permitirán utilizar esta información del área urbana para tomarla como base y análisis de anomalías presentes y futuras del área de estudio y extrapolar la metodología a otras regiones de interés (Lakkis et al., 2014; Lavorato et al., 2015). Vinculado con la radiación, y con mayor profundidad, se avanzó en el estudio de reflectividad UV con datos satelitales para América del Sur, donde se establecieron tendencias y comportamiento de la radiación UV, y se determinaron patrones de comportamiento vinculados con la estabilidad (inestabilidad) atmosférica (Yuchechen et al., 2015; 2017), identificando fuentes de emisión y concentraciones de acuerdo a la dinámica atmosférica regional. En el área de aerosoles, material particulado y contaminación atmosférica, existen antecedentes de

estudio y análisis sobre emisión y dispersión de material particulado de origen natural y antropogénico, así como su impacto en las precipitaciones y en el albedo de la nieve en la región de Cuyo y Chile (entre otros Bolaño et al., 2018; 2019). Utilizando el modelo de simulación WRF y WRF-CHEM además, se analizaron condiciones de dispersión y validaron trayectorias y el posible efecto de la inyección de aerosoles para el descenso de la temperatura (Mulena et al., 2011; 2012; 2016) dentro de la rama de geoingeniería.

En forma paralela se están analizando patrones de cobertura nubosa a través de las imágenes GOES y métodos de reconocimiento a través de algoritmos K-means con el objetivo de identificar patrones nubosos característicos de la región. Estos patrones una vez establecidos, permitirán analizar el comportamiento nuboso y su evolución espacio-temporal junto con su vinculación a diferentes variables, incluidas las concentraciones de contaminantes, particularmente en eventos de emisión anómala y eventos extremos (Yuchechen et al, 2020). A través de un algoritmo original desarrollado en Linux, se está realizando una climatología de eventos ciclónicos en el Hemisferio Sur, para caracterizar comportamiento y evolución temporal de estos eventos que se producen con alta frecuencia dentro de un contexto de cambio climático (Lakkis et al, 2019; 2021) y se espera poder vincular estos resultados con presencia y variación de aerosoles en la troposfera y patrones nubosos, con especial interés en eventos de concentraciones anómalas y analizando situaciones climáticas particulares, que permitan profundizar y comprender condiciones y fenómenos de transporte y difusión. En el caso particular de contaminantes atmosféricos, ya se han realizado los primeros estudios sobre presencia de NO_x y SO_x en el Hemisferio Sur, aportando información sobre concentración y posibles fuentes de emisión hemisférica que dependiendo de las circunstancias climáticas estacionales afectan nuestro país (Yuchechen et al; 2017).

En el contexto de los trabajos antes mencionados y continuando con las líneas de investigación propuestas, el proyecto pretende ampliar los objetivos incluyendo casos de interés particular que puedan surgir como casos de investigación aplicada. Para ello es necesario profundizar la presencia de contaminantes atmosféricos cuantificando su evolución y entendiendo condiciones climáticas que favorecen su dispersión y transporte. En este sentido, los principales gases a estudiar serán NO_x SO_x y podrá incluirse el metano y ozono troposférico. Se analizarán además cambios en la radiación en presencia de estos contaminantes y su posible impacto en zonas urbanas y rurales, contemplando la posibilidad de establecer futuros escenarios que puedan afectar rendimientos agrícolas o impactos ambientales y productivos de la región. Tanto el comportamiento de la radiación, como la presencia de contaminantes en un contexto de calentamiento global y cambio climático, son de importancia clara en el análisis de aspectos ambientales que permitan establecer políticas de mitigación y adaptación de los diferentes sectores involucrados.

3.7 Bibliografía

Charlson et al., 1992. (1992). Climate forcing by anthropogenic aerosols.

Bolaño-Ortiz, T; Romina María Pascual Flores, María Florencia Ruggeri, Lakkis, S.G y Enrique Puliafito, Relationship between anthropic pollution in the Santiago Metropolitan Region and the decrease of snow albedo on the Maipo river basin, Chile, September 2018, DOI: 10.13140/RG.2.2.16385.51043; Conference: 2018 joint 14th iCACGP Quadrennial Symposium/15th IGAC Science Conference At: Takamatsu, Japan

Bolaño Ortiz, Tomás R., Pascual Flores, Romina M. , López-Noreña, Ana Isabel , Ruggeri, María F. , Lakkis, Susan Gabriela, Fernández, Rafael Pedro , Puliafito, Salvador E. “Assessment of absorbing aerosols on austral spring snow albedo reduction by several basins in the Central Andes of Chile from daily satellite observations (2000–2016) and a case study with the WRF-Chem model”. SN Appl. Sci. 1, 1352 (2019). <https://doi.org/10.1007/s42452-019-1256-z>

Borys, R. D., Lowenthal, D. H., & Mitchell, D. L. (2000). The relationships among cloud microphysics, chemistry, and precipitation rate in cold mountain clouds. *Atmospheric Environment*, 34(16), 2593–2602. [https://doi.org/10.1016/S1352-2310\(99\)00492-6](https://doi.org/10.1016/S1352-2310(99)00492-6)

Freitas, S. R. (2005). Monitoring the transport of biomass burning emissions in South America. *Environmental Fluid Mechanics*, 5(1–2), 135–167. <https://doi.org/10.1007/s10652-005-0243-7>

Hansen, J. (1997). Radiative forcing and climate response. *Journal of Geophysical Research*, 102(D6), 6831. <https://doi.org/10.1029/96JD03436>.

Jones, C. G. (1994). Organisms as Ecosystem Engineers. *Oikos*, 69(3), 373. <https://doi.org/10.2307/3545850>

Lakkis, S. G., Lavorato, M., & Canziani, P. O. (2014). Estimation of monthly global solar radiation in Buenos Aires: preliminary analysis. *JOURNAL OF ADVANCES IN PHYSICS*, 5(1), 669–680. <https://doi.org/10.24297/jap.v5i1.1970>

Lakkis, S. G.; Pablo O. Canziani; Adrián E. Yuchechen; Rocamora, Leandro; Caferra, Agustín; Kevin Hodges; Alan O'Neill. "A 4d feature-tracking algorithm: a multidimensional view of cyclone systems". *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*.: John Wiley & Sons Ltd. 2019, issn 0035-9009, vol 145, número 719

Lakkis, S.G., Pablo O. Canziani, Joaquín O. Rodríguez, Adrián E. Yuchechen, Alan O'Neill, Kim H. Albers, Kevin Hodges, (2021): Early 21st Century cyclone climatology: a 3D perspective. *Basic Characterization, International Journal of Climatology*, <https://doi.org/10.1002/joc.7056>.

Lavorato, M. and S. G. Lakkis and P. Canziani, (2015) "Solar radiation: regression methods for data period 2010–2013 in Buenos Aires" DOI:10.31527/analesafa.2015.26.2.59 Corpus ID: 134533591.

Mulena, G. C, Puliafito, S. E y S. G. Lakkis Modelación regional de inyección de aerosoles de sulfato para reducción de la temperatura media global en forma artificial : caso: región de Cuyo: Contaminación atmosférica e Hídrica en Argentina, Congreso 3^a PROIMCA y Congreso 1^a PRODECA, Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Mendoza, 2011.

Mulena, C., D. Allende, E. Puliafito, G. Lakkis. 2012. Estudio de la dispersión de cenizas volcánicas del Puyehue : simulaciones y validación [en línea]. *Avances en energías renovables y medio ambiente*. 16. Disponible en: <https://repositorio.uca.edu.ar/handle/123456789/5418>

Mulena, G. C., Allende, D. G., Puliafito, S. E., Lakkis, S. G., Cremades, P. G., & Ulke, A. G. (2016). Examining the influence of meteorological simulations forced by different initial and boundary conditions in volcanic ash dispersion modelling. *Atmospheric Research*, 176–177, 29–42. <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2016.02.009>

Ohashi, Y., & Kida, H. (2002). Local Circulations Developed in the Vicinity of Both Coastal and Inland Urban Areas: A Numerical Study with a Mesoscale Atmospheric Model. *Journal of Applied Meteorology*, 41(1), 30–45. [https://doi.org/10.1175/1520-0450\(2002\)041<030:CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0450(2002)041<030:CO;2)

Pascual Flores, Romina, 2019, Impacto de las emisiones de aerosoles sobre las precipitaciones de los Andes Centrales, tesis doctoral.

Rosenfeld, D. (2000). Suppression of Rain and Snow by Urban and Industrial Air Pollution. *Science*, 287(5459), 1793–1796. <https://doi.org/10.1126/science.287.5459.1793>

Shepherd, J. M., &Burian, S. J. (2003). Detection of Urban-Induced Rainfall Anomalies in a Major Coastal City. *Earth Interactions*, 7(4), 1–17. [https://doi.org/10.1175/1087-3562\(2003\)0072.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1087-3562(2003)0072.0.CO;2)

Twomey, S. (1977). The Influence of Pollution on the Shortwave Albedo of Clouds. *Journal of the Atmospheric Sciences*. [https://doi.org/10.1175/1520-0469\(1977\)034<1149:TIOPOP>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0469(1977)034<1149:TIOPOP>2.0.CO;2)

Yuchechen, A. E., S. G. Lakkis, and P. O. Canziani. 2017. “Annual Anomalies and Trends for TOMS Reflectivities (1978–2005) in the Southern Hemisphere.” *International Journal of Remote Sensing* 38 (12): 3483–3501. doi:10.1080/01431161.2017.1294778

Yuchechen, A.; Lakkis, S.G.; Canziani, P. Linear and Non-Linear Trends for Seasonal NO2 and SO2 Concentrations in the Southern Hemisphere (2004–2016). *RemoteSens.* 2017, 9, 891. <https://doi.org/10.3390/rs9090891>

Yuchechen, A.E., S. Gabriela Lakkis, Pablo O. Canziani. (2017) A seasonal climatology of UV reflectivity for southern South America. *International Journal of Remote Sensing* 38:sup1, pages 28-56.

Yuchechen, Adrián E., S. Gabriela Lakkis, AgustínCafferri, Pablo O. Canziani, Juan Pablo Muszkats. (2020) A Cluster Approach to Cloud Cover Classification over South America and Adjacent Oceans Using a k-means/k-means++ Unsupervised Algorithm on GOES IR Imagery. *Remote Sensing* 12:18, pages 2991.

4. DESARROLLO DEL PROYECTO

4.1 Cronograma de Actividades

Actividad	Años		
Etapas de Desarrollo del Trabajo			
Conformación de base de datos contaminantes		1° año	
Conformación base de datos radiación solar		1° año	
Análisis de datos y estudio de impactos		2° año	
Estudios de caso		2° año	
Publicacion de resultados		2° año	
Comentarios y aclaraciones:			

4.2 Actividades de Transferencia

Como fue mencionado anteriormente, la información referida a la emisión de contaminantes y variabilidad de parámetros climáticos en el contexto actual brindan la oportunidad de volcar el conocimiento adquirido en diferentes sectores. Por mencionar algunos de ellos, la información podrá constituir elementos de decisión en sectores del campo con interés en analizar y mitigar futuros impactos en los rendimientos frente a condiciones de cambio climático y calentamiento global. En segundo lugar, la información obtenida permitirá interactuar con diferentes disciplinas que necesiten insumos para modelar y predecir comportamientos climáticos. En el área de energía

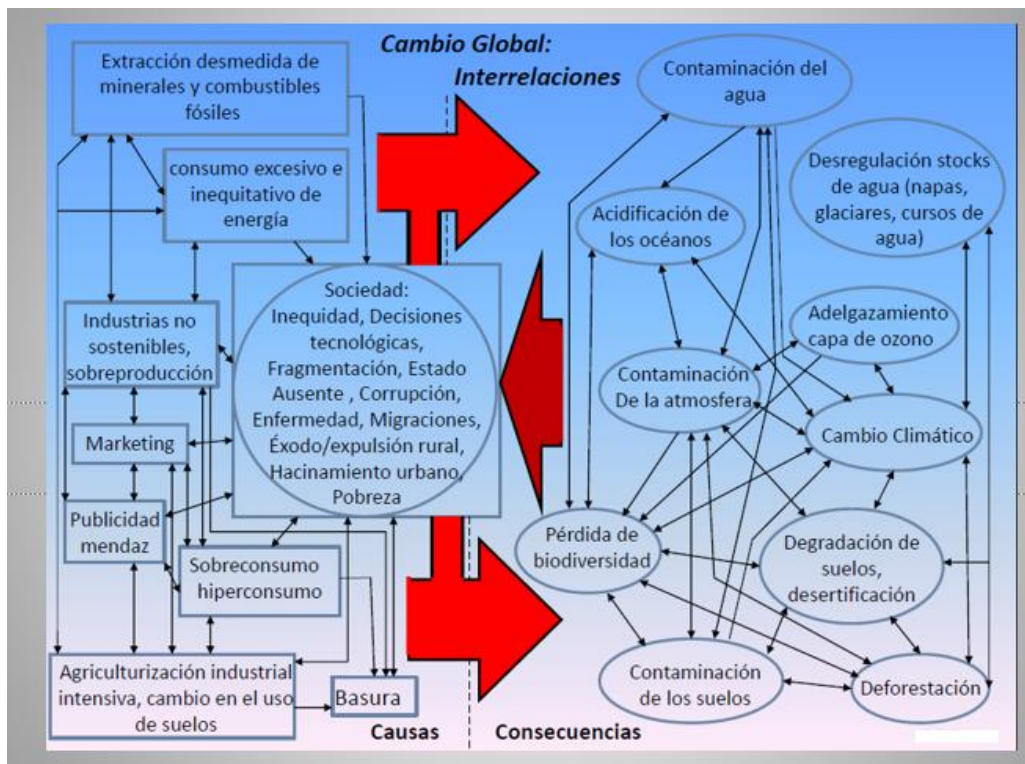
renovables, la información podrá ser de complemento en el análisis de producción energética frente a escenarios de emisión de aerosoles y variabilidad de radiación solar, entre otros. Finalmente la investigación contribuirá a la formación de alumnos de grado en el análisis de datos satélites y estadístico, brindándoles la oportunidad de aplicar en forma concreta el conocimiento de parámetros climáticos a situaciones prácticas.

4.3 Vinculación del proyecto con la actividad docente desarrollada en UCA

El proyecto, en sus lineamientos principales, se vincula principalmente (aunque no de forma excluyente) con las carreras de Ingeniería Ambiental y Agronomía. Desde el punto de vista ambiental, la presencia de contaminantes atmosféricos e incremento de gases de efecto invernadero, particularmente en la troposfera, constituyen un aspecto esencial en la formación de ingenieros ambientales que deben profundizar el estudio del medioambiente y su vínculo con otros aspectos relevantes como ser la salud en conjunto con calidad de aire, políticas y desarrollo de acciones para la mitigación y adaptación al cambio climático, etc. Parte de esta información también podrá ser captada en la docencia para el desarrollo de estudios de impacto ambiental en los aspectos en los que las emisiones constituyen un aspecto de relevancia en las zonas a relevar. Desde el punto de vista de la agronomía y dado que Argentina es un país eminentemente productor de alimentos, resulta de suma importancia evaluar en forma regional y local el impacto que esos contaminantes, sus variaciones y las de los gases de efecto invernadero puedan tener en sectores productivos rurales. En este sentido los ingenieros agrónomos deberán considerar este conocimiento a la hora de analizar tanto como las emisiones podrán impactar a futuros en los cultivos, así como en la utilización de métodos externos de fertilización para paliar impactos, dentro del cuidado del medioambiente. Finalmente, la manipulación de datos e imágenes satelitales en gran volumen, el desarrollo de algoritmos específicos para su análisis y la utilización de diferentes softwares pueden aportar también en la formación de estudiantes de informática que encuentran un desafío constante en el manejo de grandes volúmenes de información.

4.4 Vinculación del proyecto con problemas de la Comunidad

La contaminación atmosférica per sé así como el contexto de calentamiento global y cambio climático son temas que no pueden considerarse en forma aislada. El cambio climático afecta de manera directa e indirecta todos los aspectos que definen nuestra vida en el planeta. Tanto los sectores económicos industriales, los derivados de la tierra, la producción de alimentos, el consumo de energía, como la salud están estrechamente vinculados e interrelacionados entre sí. La contaminación atmosférica es uno de los aspectos de este cambio climático que impactan de forma inmediata en nuestro actual desempeño, pero además condicionan la forma de vida a futuro. Por lo tanto, el proyecto se vincula de forma estrecha con la comunidad local y regional ya que puede aportar información en cualquiera de los ámbitos descritos anteriormente (Ver figura). Desde la contaminación de aguas potables, el manejo de recursos para procesos de desarrollo sustentables y sostenibles, la distribución poblacional y geográfica hasta procesos de producción energética y alimenticia están atravesados transversalmente por la emisión de contaminantes y el impacto del calentamiento global.



5. PERSONAL ASIGNADO AL PROYECTO

5.1 Completar la tabla de datos para cada uno de los integrantes en el siguiente orden: Director, Codirector, Investigadores e Investigadores en formación.

5.1.1. Por la UCA

Función:	Directora		
Apellido y Nombre:	Lakkis S. Gabriela		
Tipo y No. Documento:			
No. de Legajo en UCA:			
Lugar y Fecha de Nacimiento:			
Nacionalidad:	Argentina		
Domicilio:			
TE Particular/celular:			
E -mail:	gabylakkis@uca.edu.ar/gabylakkisetul@gmail.com		
Título de Grado:	Licenciada en Cs Físicas		
Máximo Título Obtenido:	Dr. Ciencias físicas		
Cargo Docente:	Adjunto		
Si reviste como investigador en otra Institución (Ej.: CONICET, etc.), consignar:	Institución	Cargo	Dedicación

Función:	Investigador		
Apellido y Nombre:	Pérez, Daniel		
Tipo y No. Documento:			
No. de Legajo en UCA:			
Lugar y Fecha de Nacimiento:			
Nacionalidad:	Argentino		
Domicilio:			
TE Particular/celular:			
E -mail:	danielperez@uca.edu.ar		
Título de Grado:	Ingeniero Agrónomo		
Máximo Título Obtenido:	Especialista en Diagnóstico y Evaluación Ambiental (UBA)		
Cargo Docente:	Protitular		
Si reviste como investigador en otra Institución (Ej.: CONICET, etc.), consignar:	Institución	Cargo	Dedicación

6. ALUMNOS COLABORADORES

6.1 Por la UCA

El Director de la carrera Ingeniería Ambiental, Ing. Carlos Sacavini, y la Directora del Proyecto, Dra. Gabriela Lakkis, procederán a la correspondiente Convocatoria de estudiantes de la carrera Ingeniería Ambiental para incorporarse al presente proyecto y desarrollar sus Trabajos Finales.