**PLAN DE INVESTIGACION**

**Título del plan de investigación del proyecto:** (debe coincidir con el que se consigne en SIGEVA)

**PREDICCION ESTADISTICA DE PRECIPITACION Y TEMPERATURA EN ARGENTINA A MEDIANO PLAZO.**

**Nombre del director y codirector/es**: (debe coincidir con el que se consigne en SIGEVA)

Director: Dra. Marcela Hebe González

**Disciplina/área del proyecto:** (debe coincidir con el que se consigne en SIGEVA)

COMISION TECNICA: INGENIERIA Y CIENCIAS DEL AMBIENTE

ÁREA: CIENCIAS DE LA ATMÓSFERA

ESPECIALIDAD: METEOROLOGÍA

**Estado actual del conocimiento sobre el tema** (Desarrolle en 4 carillas como máximo) Mediante las citas/comentarios de las mayores contribuciones en el tema específico publicadas por grupos distintos al propio, debe explicitarse el desarrollo acumulado del conocimiento sobre el tema. Se evalúa la profundidad del conocimiento que el Director (y grupo) tienen acerca del tema que proponen encarar. Concretamente, la originalidad debe referenciarse mediante los interrogantes aún abiertos y relacionados con el proyecto en cada una de estas contribuciones así como con las contribuciones publicadas de los investigadores del grupo del proyecto en el tema específico.

La posibilidad de disponer con antelación de las perspectivas de precipitación y temperatura estacional es relevante a la hora de planificar eficientemente las actividades de forma que puedan minimizarse los riesgos asociados a posibles temporadas de clima extremo. Para ello pueden utilizarse modelos dinámicos y estadísticos. Los primeros en algunos casos son muy eficientes como ocurre, por ejemplo, con Frederiksen et al. (2013), que generaron un modelo acoplado océano-atmósfera que representa muy bien la climatología y produce buenas predicciones a 6 meses tanto para la precipitación como para la temperatura. Pero en general no son adecuados cuando se trabaja en áreas pequeñas debido a su baja resolución espacial. Los modelos estadísticos implican el estudio de cómo responde la precipitación y la temperatura a forzantes atmosféricos y oceánicos que se monitorean previamente. Surge entonces la necesidad del estudio de la variabilidad interanual y la predictabilidad estacional, basadas en que las variaciones lentas de las condiciones de la superficie (temperatura de la superficie del mar, cobertura vegetal, humedad en el suelo, entre otros) pueden influenciar la circulación general y por lo tanto las anomalías climáticas que se producen meses más tarde. Varios autores en diferentes partes del mundo han abordado este tema. Por ejemplo, Zheng y Frederiksen (2006) han encontrado una buena relación entre la temperatura de la superficie del mar en el océano Indico con la precipitación y la temperatura de invierno y entre el modo anular con la lluvia de verano en Nueva Zelanda. Reason (2001) también encontró una importante conexión entre la lluvia en Sudáfrica y la temperatura de la superficie del mar del océano Indico y la Oscilación Antártica (Reason y Rouault, 2005) mientras que Gissila et al. (2004) analizaron estas relaciones con la lluvia en el oeste de Etiopía.

Las adversidades climáticas que enfrentan distintos sectores productivos como el energético o el agropecuario en Argentina, generan un alto grado de incertidumbre sobre el resultado final de las actividades. Dada la diversidad de climas y suelos que presenta Argentina, todas las regiones enfrentan el riesgo de sufrir pérdidas debido a factores climáticos, ya sea por sequías, inundaciones, temperaturas y vientos extremos, entre otras adversidades. Es por ello que en este proyecto se plantea la posibilidad del pronóstico de la temperatura media y la precipitación acumulada a mediano plazo (escala mensual) en Argentina utilizando métodos estadísticos. Para ello es imprescindible estudiar la variabilidad interanual de ambas variables y conocer el efecto que sobre ellas producen algunos forzantes de gran escala y de escala regional.

Si bien la influencia del fenómeno El Niño-Oscilación Sur (ENOS) ha sido ampliamente estudiada y se ha observado una señal fuerte sobre todo en el centro y noreste de Argentina (Ropelewski y Halpert 1987, Grimm et al. 2000, Vera et al. 2004, Barreiro et al 2010, Grimm 2011, Garbarini et al. 2016, entre otros) es necesario estudiar otros posibles forzantes involucrados. Por ejemplo, en el océano Índico se define un dipolo conocido como DOI (Saji et al. 1999), cuya fase positiva implica el calentamiento del Índico sudoccidental y el enfriamiento del Índico nororiental. Chan et al. (2008) encontraron que en Sudamérica la fase positiva del DOI se manifiesta como un dipolo de anomalías de precipitación, con incrementos en la cuenca del Plata y decrecimiento en la región del centro de Brasil. También se ha establecido una relación entre la variabilidad de la temperatura de la superficie del mar de la totalidad de la cuenca del Índico con la precipitación en Sudamérica (Taschetto y Ambrizzi 2012). Menos estudiada está la influencia que este dipolo tiene con la temperatura aunque, es probable que exista alguna relación.

Las características de los océanos cercanos al continente han sido estudiadas por Oliveri (2018), quien ha detectado que la advección de calor y humedad proveniente de los anticiclones semi-permanentes del Atlántico y del Pacífico Sur influyen en forma relevante sobre la temperatura y en menor medida sobre la precipitación en Argentina y en invierno preferentemente. Collazo (2015) demostró que un corrimiento sistemático hacia el oeste del Anticiclón del Atlántico Sur con el transcurso de las décadas en los meses de junio y agosto favoreció las advecciones cálidas y húmedas en Argentina subtropical y por lo tanto afectó las temperaturas extremas. Otros autores han estudiado la relación entre las temperaturas del Atlántico y Pacífico con la producción de anomalías cálidas y frías extremas de temperatura en algunas regiones de Argentina (Rusticucci et al. 2003; Barrucand et al. 2008)

Existen otros elementos climáticos asociados mayormente a la circulación. La propagación de ondas de Rossby activadas por anomalías de temperatura del mar en los océanos tropicales (Pacífico e Indico) que se desplazan hacia latitudes altas y hacia el este (Kidson 1999, Nogues Paegle y Mo 2002), acceden a Argentina al sur de 38°S en Los Andes generando sistemas de tiempo que luego se desplazan hacia el noreste sobre el continente.

Otro elemento importante para la predicción de precipitación es el modo anular del sur (Thompson y Wallace 2000), que muestra una importante influencia en Sudamérica (Silvestri y Vera 2003, Reboita et al. 2009) aunque su relación con la temperatura media aún no ha sido estudiada en detalle.

Al encarar el pronóstico estadístico en escalas estacionales existen varias fuentes de error (González y Rolla 2019). En principio, es importante señalar que las variables meteorológicas tienen un componente aleatorio imposible de predecir, pero hay otras fuentes de error diferentes que pueden abordarse. Una de ellas es la información utilizada para determinar los mejores predictores que se incluirán en los modelos estadísticos y otra es la metodología utilizada para construir el modelo de pronóstico. El grupo de trabajo que se presenta en este proyecto, ha aplicado la técnica de regresión lineal múltiple para el pronóstico de precipitación en distintas zonas de Argentina como la patagónica (González 2015, González y Vera 2010, González et al 2010), la zona del Chaco (González y Murgida 2012, González et al. 2012, Murgida et al. 2014), los Andes mendocinos (Bisero et al. 2017) y la región central-este del país (González y Domínguez 2012, Rolla y González 2018, González et al. 2015).

En este proyecto se plantea la posibilidad de reducir el error de pronóstico a través de la aplicación de diferentes metodologías como pueden ser las no lineales, ARIMA o Redes neuronales y utilizar los modelos derivados de las diferentes metodologías para probar un pronóstico probabilístico. Si bien este grupo de trabajo tiene amplia experiencia en el abordaje de la variable precipitación, la colaboración y requerimiento de otros organismos como el Servicio Meteorológico Nacional (SMN), ha hecho que fuera necesario extender estos estudios a la variable temperatura media.

**Objetivos e hipótesis de la investigación** (Desarrolle en 4 carillas como máximo) Fundamentalmente, se deberá detallar el problema o situación de referencia en el que se desarrolla el proyecto, o los interrogantes en el campo disciplinario a los que el proyecto se dirige. Se deben enunciar de manera clara las metas concretas a alcanzar en el marco del proyecto indicando hipótesis o postulados o propuestas explicativas de la pregunta en estudio.

**Área de estudio**: ARGENTINA

**Hipótesis de Investigación:** La disponibilidad de un buen pronóstico estadístico de precipitación y temperatura a mediano plazo (escalas mensuales a trimestrales) genera mejores condiciones para las actividades productivas y por lo tanto es necesario disminuir el error en los pronósticos para aumentar la eficiencia de los modelos estadísticos propuestos.

**Objetivo General: Diseñar modelos estadísticos para pronóstico de temperatura media y precipitación acumulada a mediano plazo en Argentina, mejorando la eficiencia de los modelos desarrollados anteriormente por el grupo de trabajo y avanzar en el diseño de pronósticos probabilísticos.**

Para poder cumplimentar el objetivo general se enumeran los siguientes objetivos específicos:

1. Regionalizar Argentina en áreas homogéneas en cuanto al comportamiento de la temperatura media y la precipitación acumulada estacional.
2. Analizar la posible relación existente entre diferentes patrones climáticos previos (de escala hemisférica y regional) y las anomalías de temperatura y precipitación estacional en cada región y para cada estación del año.
3. Generar diferentes modelos estadísticos de pronóstico de temperatura media y precipitación acumulada estacional en cada región y para cada estación del año y determinar la eficiencia de los mismos.
4. Utilizar los resultados de los modelos y de otros modelos existentes para implementar un pronóstico probabilístico de temperatura y precipitación.
5. Difundir los resultados experimentales obtenidos y transferir los modelos resultantes al Servicio Meteorológico Nacional.

**Metodología** (Desarrolle en 4 carillas como máximo) Describir, según corresponda al tipo de proyecto, el diseño experimental, o el procedimiento, para la recolección de información y su procesamiento. Es aconsejable la descripción muy breve de la metodología a usar dentro de cada sección donde se describen las tareas.

Para poder llevar adelante los objetivos propuestos, se plantea el siguiente plan de actividades:

**Actividad 1. Preparación de base de datos**

Se actualizará la base de datos de temperatura y precipitación mensual y estacional con los registros comunes más completos posibles provenientes de: Servicio Meteorológico Nacional (SMN), Instituto Nacional de Tecnología Agropecuario (INTA) y la Secretaría de Recursos Hídricos en Argentina. La información debe consistirse y hacer un tratamiento adecuado de los datos faltantes. Se trabajará con datos de variables meteorológicas y oceánicas provenientes del Centro Europeo (ERA-INTERIM) y de los Reanálisis NCEP.

**Actividad 2. Regionalización de Argentina**

Se generarán series de anomalías de temperatura y precipitación mensual y estacional filtrando las tendencias de largo plazo en todos los casos que fueran necesarios. Utilizando estas series se analizarán diferentes técnicas para generar regiones homogéneas en el comportamiento de la temperatura para cada estación del año (Ejemplo: método de Lund, componentes principales y metodologías de agrupamiento como la de clusters).

**Actividad 3. Determinación de predictores de precipitación y temperatura estacional**

Para cada subregión obtenida en la actividad anterior y para cada estación del año, se determinará una serie promedio de temperatura y de precipitación representativa de dicha área. Se estudiará la variabilidad interanual de dichas series, evaluando la posibilidad de detectar predictores de las anomalías en escala estacional. Para cada estación del año y para cada región, se correlacionarán las series de anomalías de temperatura y de precipitación con variables meteorológicas y oceánicas observadas previamente, como la temperatura de la superficie del mar en regiones distantes, la altura geopotencial en diferentes niveles, la humedad atmosférica, la radiación de onda larga saliente representativa de la convección en la selva brasileña y el viento en capas bajas y altas, la temperatura de la superficie del mar en los océanos cercanos al continente, índices derivados de centros mundiales (El Niño-Oscilación Sur, Dipolo del Océano Índico, El Niño Atlántico, Dipolos del Atlántico Sur, Dipolo del Atlántico Tropical, Oscilación Antártica, Oscilación Decadal del Pacífico y Oscilación Multidecadal del Atlántico) y la posición e intensidad de los anticiclones semi-permanentes del Atlántico y Pacífico Sur.

Estos campos de correlación se utilizarán para definir predictores que puedan ser utilizados en los modelos de pronóstico. Es necesario determinar sets de predictores independientes entre sí y físicamente consistentes. Especial cuidado se pondrá en la selección de los mismos con el fin de evitar que se generen regresiones espúreas (overfitting) o que se propongan modelos que no sean estables.

**Actividad 4. Construcción de modelos estadísticos para predicción de temperatura y precipitación.**

Utilizando los conjuntos de predictores independientes definidos en la actividad anterior para cada estación del año, se generarán modelos estadísticos de temperatura y precipitación estacional utilizando diferentes metodologías. Entre ellas se pueden mencionar: la regresión múltiple lineal, backward stepwise (Hyndman y Athanasopoulos 2013, James et al. 2013) con técnica Lasso para obtener objetivamente el mejor conjunto de predictores independientes que se utilizan en el modelo, las regresiones múltiples no lineales (James et al. 2013, Devore 2008) , el método ARIMA (Wilks 1995, Berenson y Levine 1996), las redes neuronales que utilizan métodos supervisados y en particular, el método de perceptrón multicapa (Isasi Viñuela y Galván León 2004, Gutiérrez et al. 2004, Chollet 2017).

Como resultado de esta actividad para cada estación del año y para cada región se dispondrá de un conjunto de modelos estadísticos para el pronóstico de temperatura y precipitación estacional.

**Actividad 5. Análisis de la eficiencia de los modelos construidos.**

La eficiencia de los diferentes modelos se determinará evaluando el error cuadrático medio y la varianza de la temperatura o de la precipitación estacional explicada por el mismo (Wilks 1995). Adicionalmente se calcularán el coeficiente de validación cruzada (CV), el índice de Akaike (AIC) y el índice de Schwarz-Bayesiano (BIC) (Hyndman y Athanasopoulos 2013)

Se compararán las distribuciones de probabilidad de las series pronosticadas con las de las series observadas para determinar si ambas pertenecen a la misma población (Devore 2016). Los valores observados y pronosticados se clasificarán en categorías sobrenormal, normal y subnormal utilizando terciles y se determinará la eficiencia de los modelos para cada categoría mediante el cálculo de índices de eficiencia para cada una de ellas, entre los que se encuentran: el error general, la probabilidad de detección, la relación de falsa alarma (Wilks 1995), la sensibilidad, la especificidad y el área bajo la curva ROC (Receiver Operating Characteristic) (Robertson y Zweig 1981; Sweets y Picket 1982).

Con todas estas medidas de eficiencia se determinarán los mejores modelos de precipitación y de temperatura y sus correspondientes ensambles para cada estación del año y para cada área de Argentina.

**Actividad 6. Análisis de la posibilidad de elaborar pronósticos probabilísticos.**

Se utilizarán los modelos anteriores para intentar el desarrollo de un pronóstico probabilístico con la metodología de regresión logística (Wilks 1995) que determine objetivamente la probabilidad de que la temperatura (o precipitación) estacional supere o esté por debajo de umbrales específicos. También se evaluará la viabilidad de utilizar las técnicas “Perfect prognosis” (Klein et al*.* 1959) y “MOS” (Model Output Statistic, Carter et al*.* 1989) para generar pronósticos probabilísticos. Ambas requieren utilizar salidas de modelos de pronóstico (previamente calibrados) para representar los predictores (Wilks, 1995).

**Actividad 7. Difusión y transferencia de resultados.**

Todos los resultados serán difundidos experimentalmente en la página web del Departamento de Ciencias de la Atmósfera y los Océanos (DCAO), donde la directora de este proyecto y su grupo de trabajo ya publican algunos resultados sobre el monitoreo de índices climáticos y su incidencia en Argentina y modelos preliminares de pronóstico aplicados a la región del Comahue y del Bermejo:

<http://perspectiva.at.fcen.uba.ar/>

Los resultados serán transferidos al Departamento de Climatología del Servicio Meteorológico Nacional. Nuestro grupo trabaja interactivamente con dicha dependencia desde 2007 y participa activamente de las reuniones de tendencias climáticas que allí se realizan mensualmente.

**Antecedentes en la temática** (Desarrolle en 2 carilla como máximo) Detallar de manera resumida los avances no publicados producidos sobre el tema, tanto individuales como grupales.

La Directora tiene conformado un grupo de trabajo para poder llevar adelante el plan propuesto. Cuenta con 3 becarias doctorales cuyos planes de beca se relacionan con el pronóstico estacional y todas han realizado su tesis de Licenciatura con esta directora y también abordando distintos aspectos del pronóstico estadístico. Además, los estudiantes que conforman este equipo de investigación han comenzado recientemente a realizar sus tesis de grado en Ciencias de la Atmósfera en temas relacionados al presente proyecto.

La directora posee experiencia en el tema de la predicción estadística de precipitación. Ha llevado adelante la dirección de 1 proyecto de grupo en formación (programación 2008) sobre predicción climática y 2 proyectos interdisciplinarios. En relación a estos últimos, el primero corresponde a la programación 2010-2013 (UBACyT–CC02) titulado "Cambios en la precipitación en la llanura Chaqueña: sus causas, sus consecuencias, los impactos y la vulnerabilidad social". El segundo corresponde a la programación 2013-2016 (UBACyT-20620120100003BA) titulado "Adaptación al stress hídrico en la Región del Comahue. La interacción entre las dinámicas social - ecológica – climática". Actualmente dirige un UBACyT programación 2017 (20020160100009BA, “Pronóstico estadístico de indicadores meteorológicos estacionales para anticipar condiciones de riesgo en la región de Comahue”) donde ha avanzado en el conocimiento para el pronóstico estadístico de una región en particular y es co-directora de un proyecto interdisciplinario con la Facultad de Agronomía donde se ha avanzado en el pronóstico del agua en el suelo en la región pampeana (UBACyT programación 2018, 20620170100012BA, “La evolución del contenido de agua del suelo en la región pampeana y su posibilidad de pronóstico a mediano plazo”).

Los trabajos más recientes publicados en revistas especializadas abordan la problemática de los precursores de precipitación (González et al. 2017a, Garbarini et al. 2016), el pronóstico de nieve en Los Andes (Bisero et al. 2015, Bisero y González 2017, Bisero et al. 2017), el pronóstico de la precipitación en la llanura chaqueña (González y Murgida 2012, González et al. 2012, Murgida et al. 2014), en el centro de Argentina (Dominguez y González 2013, 2015), las características de lluvia en el norte patagónico (González et al 2017b) , los impactos del pronóstico estadístico de precipitación en el sector agropecuario (González et al 2017a, Rolla y González 2018) y en el manejo de presas hidroeléctricas (González et al 2019) y las diferentes fuentes de error del pronóstico (González y Rolla 2019).

La Directora ha actuado además como directora de tesis de Licenciatura en Ciencias de la Atmósfera de Eugenia María Garbarini, Paula Oliveri y Sabrina Ayala. Todas ellas son integrantes del presente proyecto y actualmente desarrollan su doctorado bajo la dirección de la Dra. González, continuando y profundizando sus investigaciones en el tema.

La Dra. Castañeda ha actuado como co-directora de la tesis de grado de Paula Oliveri y actualmente se encuentra colaborando muy estrechamente con el pronóstico de precipitación y de reserva de agua en el suelo en la región pampeana. En relación a este tema, ha co-dirigido un Proyecto de Desarrollo Estratégico, (PDE3-2017 Pronóstico estadístico de agua del suelo en la región pampeana) donde ha comenzado con el desarrollo de modelos de pronóstico de reserva de agua en una región piloto. Los resultados han sido presentados en congresos y submitidos a una revista internacional, donde se encuentra en revisión.

La Dra. Llano y la Lic. Meis se han incorporado recientemente al grupo de trabajo colaborando con el estudio estadístico de las series de precipitación, temperatura extrema y de caudales y su adecuado manejo estadístico, tema en el cual presentan probada experiencia (Meis y Llano 2019, Llano 2018, Meis y Llano 2018, Llano y Vargas 2016).

El Bach. Universitario en Ciencias de la Atmósfera José Stella y la estudiante avanzada de la Licenciatura en Ciencias de la Atmósfera Diana Dominguez desarrollan sus tareas en el Servicio Meteorológico Nacional y colaboran con este grupo de trabajo en forma estrecha actuando como intermediarios entre las instituciones para elaborar productos que puedan ser utilizados operativamente. En efecto, Dominguez realiza su tesis de grado actualmente bajo la dirección de la directora de este proyecto estudiando el gradiente de predictabilidad de la lluvia en el centro de Argentina.

**Transferencia de Resultados** (máximo 2 carillas) Describir el objeto de la transferencia, su importancia, los destinatarios concretos o posibles, y los procedimientos para concretarla.

El conocimiento con antelación de las posibles condiciones de precipitación y temperatura que se producirán en el mediano plazo (de 1 mes a 3 meses) es muy importante a la hora de planificar actividades diversas como son las agropecuarias y las energéticas, entre las principales.

La Dra. González trabaja desde 2007 con el Ing. Losano y su equipo (Facultad de Ingeniería de la Universidad del Comahue y la Autoridad Interjurisdiccional de las cuencas de los ríos Negro, Neuquén y Limay: AIC), tratando de investigar temas que son de utilidad para el manejo de las presas en la región del Comahue. Es en ese marco que se ha firmado una carta de intención de cooperación entre la AIC y el CIMA (Instituto de Conicet, lugar de trabajo de la Dra. González) en el año 2008. Además, el 14 de diciembre de 2015 por resolución Nº3174 del CD de la FCEN UBA se ha firmado un Convenio Marco de Cooperación Académica entre La Facultad de Ingeniería de la Universidad del Comahue y la FCEN UBA donde los responsables técnicos de la cooperación son el Ing. Losano y la Dra. González, respectivamente.

Por otro lado, desde 2007 la Dra. González interactúa sistemáticamente con el Departamento de Climatología del Servicio Meteorológico Nacional (SMN). Esta interacción se manifiesta en varias actividades que se realizaron en conjunto, pero primordialmente colabora en las reuniones mensuales de tendencias climáticas, aportando los pronósticos experimentales que se han desarrollado en las zonas del Comahue, del Bermejo y con los precursores climáticos a través del monitoreo de índices. Además, participa en la elaboración del pronóstico de consenso que se produce en base a los pronósticos individuales de varios meteorólogos, entre los que se encuentra la Dra. González. A estas reuniones se ha sumado la participación activa de varios integrantes de este equipo (Castañeda, Ayala, Garbarini, Oliveri, Vita Sanchez y Meis).

En este marco se proyecta continuar con ambas interacciones y tratar de promover la firma de un convenio específico con el SMN, asociado un convenio marco que el DCAO y CIMA tengan con el SMN. La interacción es en este momento muy concreta y está afianzada. En el futuro cercano se tramitará el convenio formalmente.

**Cronograma de actividades:** Detallar las actividades propuestas con su secuencia o encadenamiento lógico y metodología a usar en cada una de ellas. Consigne sucesivamente cada actividad unitaria.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Actividad** | **Meses del primer año** | | | | | | | | | | | |
|  | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| Actividad 1 | x | x |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Actividades 2, 3, 7 |  |  | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  | | | | | | | | | | | |
| **Actividad** | **Meses del segundo año** | | | | | | | | | | | |
|  | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| Actividades 4, 5, 7 | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Actividad** | **Meses del tercer año** | | | | | | | | | | | |
|  | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | Actividades 6 y 7 | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

**Presupuesto Total** Realizar una breve justificación para cada rubro desagregado por objeto del gasto (de acuerdo con lo consignado en el ítem Recursos Financieros de la postulación de su proyecto).

**Equipamiento**: se prevé la compra de 1 computadora personal para integrantes del equipo, 1 impresora de cartucho continuo y repuestos o partes que entren en este rubro. Se plantea la compra de PC el primer año en los cuales será necesaria la adquisición de las mismas para los integrantes del proyecto

**Bienes de Consumo**: insumos de computación (cartuchos, tinta, papel de impresión)

**Viajes y Viáticos**: Para participación en reuniones científicas nacionales e internacionales donde se presenten trabajos y ponencias relacionados con el proyecto. Entre los cuales pueden mencionarse:

Congreso Brasilero de Meteorología a realizarse en 2020 (CBMET XX) y 2022 (CBMET XXI).

Simposio Internacional de Climatología organizado por la Sociedad brasilera de Meteorología (a realizarse en 2021).

XI Congreso de la Asociación española de Climatología a realizarse en 2020 ([XII Congreso AEC](http://aeclim.org/documentacion/xi-congreso-internacional-aec-cartagena-2018/)) y en 2022 ([XIII Congreso AEC](http://aeclim.org/documentacion/xi-congreso-internacional-aec-cartagena-2018/)).

Congresos Mexicano de Meteorología, México (se realizan todos los años).

CONGREMET XIV (Congreso Argentino de Meteorología) a realizarse en 2021.

5° ENCUENTRO DE INVESTIGADORES FORMACIÓN EN RECURSOS HÍDRICOS a realizarse en 2020.

XVIII REUNION ARGENTINA DE AGROMETEOROLOGIA y X REUNION LATINOAMERICANA DE AGROMETEOROLOGIA a realizarse en 2020.

V Congreso Nacional de Ciencia y Tecnología Ambiental, a realizarse en 2021.

**Difusión de resultados**: publicación de resultados en revistas de la especialidad, nacionales e internacionales, que tienen costos de publicación o corrección del idioma: METEOROLOGICA, Atmospheric and Climate Sciences, Climatic Change, International Journal of Geosciences, Advances in Meteorology, Advances in Environmental Research, International Journal of Climatology, Theoretical and Applied Meteorology, Meteorological Applications, Atmosfera, entre otras. Además, se prevee pagar las inscripciones a las reuniones científicas de la especialidad como así también la elaboración de paneles para presentaciones en congresos. Los 2 últimos años se ha aumentado el presupuesto en este rubro dado que seguramente se tendrán resultados que se publiquen en revistas que requieran algún pago.

**Servicios a Terceros**: Reparación de equipos, servicios profesionales derivados de la carga de bases de datos y actualización de programas computacionales. Pago de gastos administrativos en DCAO-FCEN-UBA.

**Bibliografía:**

Barreiro, M. 2010. Influence of ENSO and The South Atlantic Ocean on climate predictability over Southeastern South America. Climate Dynamics, 35, 1493-1508

Barrucand, M., Rusticucci, M. and Vargas, W. 2008. Temperature extremes in the south of South America in relation to Atlantic Ocean surface temperature and Southern Hemisphere circulation JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH, VOL. 113, D20111

Berenson, M.L. and Levine, D.M. 1996. Estadística Básica en Administración. Universidad de Nueva York, NY, USA. 917p.

Bisero, N. K., González, M. H. and Masiokas, M. H. 2015, Regression method for predicting snow cover in Central Andes in Argentina, Journal of Flood Engineering. Vol. 6 No. 2. 2015, International Science Press,ISSN: 0976-6219. Nueva Delhi. India

Bisero, N. K. and González, M.H. 2017. STATISTICAL EVALUATION OF EXPERIMENTAL MODELS FOR THE PREDICTION OF SNOW IN THE CENTRAL ANDES, The Andes: Geography, Diversity and Sociocultural Impacts, Editor Casey D. Allen, NOVA Science Publications, Nueva York, USA, 28-52. 219p. ISBN 978-1-53611-094-4.

Bisero, N. K., González, M. H., Masiokas, M. H. y Eslamian, S. 2017, Regression method for predicting snow cover in Central Andes in Argentina, Journal of Flood Engineering. 8(2) July-December 2017; Pp. 31–53. International Science Press, ISSN: 0976-6219. Nueva Delhi. India.

Carter, G.M., J.P. Dallavalle, and H.R. Glahn, 1989. Statistical forecasts based on the National Meteorological Center’s numerical weather prediction system. Weather and Forecasting, 4, 401–412.

Chan, S.C., Behera, S.K. y Yamagata, T., 2008. Indian Ocean dipole influence on South American rainfall. Geophys. Res. Lett., 35, doi:10.1029/2008GL034204.

Chollet, R. 2017. Deep Learning with R. Manning Publications, e-book: [www.manning.com](http://www.manning.com). 341p

Collazo, M.S., 2015. Tesis de Licenciatura en Ciencias de la Atmósfera Variabilidad intermensual de las tendencias de los extremos de temperatura en el centro y norte de Argentina y su relación con la circulación media. DCAO, FCEN, UBA.

Devore, J. 2008. Probabilidad y Estadística para ingeniería y ciencias, California Polytechnic State University, San Luis Obispo. 7° ed. 742p.

Dominguez, D. y González, M. H. 2013. Variabilidad de la precipitación en el centro oeste de argentina y un modelo de predicción estadística, Meteorólogica, vol 38, nº2, 105-120.

Dominguez, D., González, M.H., 2015. “Previsão estatística da precipitação de verão no centro-oeste da Argentina”, Revista Ciencia e Natura Vol. 37, pp 75-82.

Frederiksen, C., Frederiksen, J. y Balgoving, R., 2013. Dynamic variability and seasonal predictability in an intermediate complexity coupled ocean-atmospheric model, ANZIAM J. 54, CTAC 2012, 34-55, http://journal.austms. org.au/ojs/index.php/AMZIAMJ/article/view/6296

Garbarini, E.M., Skansi M.M., González, M.H. y Rolla A.L., 2016. ENSO Influence over Precipitation   
in Argentina, Advances in Environmental Research. Cap 7. Volume 52. 223-246, NOVA Publisher, NY, USA. ISBN: 978-1-53610-058-7

Gissila, T, E., Black, D.I.F., Grime and J.M. Slingo, 2004. Seasonal forecasting of the Ethiopian summer rains. Int. J. Climatol. 24, 1345-1358.

González, M. H., and, Vera, C. S. 2010. Interannual winter rainfall variability in Southern Andes. International Journal of Climatology. ISSN 0899 8418. RMS, Reading, Reino Unido. DOI: 10.1002/joc.1910.

González, M. H., Skansi, M. M. and Losano, F. 2010. A statistical study of seasonal winter rainfall prediction in the Comahue region (Argentine), ATMOSFERA 23 (3) 277-294.

González, M. H. y Flores, O. K. 2010. Análisis de la precipitación en la llanura chaqueña argentina y su relación con el comportamiento de la circulación atmosférica y las temperaturas de la superficie del mar, METEOROLOGICA, 35, 2, 53-66.

González, M. H. and Dominguez D. 2012. Statistical Prediction of wet and dry periods in the Comahue Region (Argentina), Atmospheric and Climate Sciences, Doi: 10.4236/acs.2011, Publicación online http:www.scirp.org/journal/acs, Editorial: Scientific Research. Irvine, USA. Enero 2012, vol 2, nº 1. ISSN (print) 2160-0414, (online) 2160-0422.

González, M. H. and Murgida, A. M. 2012. Seasonal Summer rainfall prediction in Bermejo River Basin in Argentina, Capítulo 7 “Climate Variability - Some Aspects, Challenges and Prospects, pp. 141-160. ISBN 978-953-307-641-6 Book edited by Dr. Abdel Hannachi, Department of Meteorology, University of Reading, UK. INTech. 192p.   
González, M. H., Dominguez, D. y Nuñez, M., 2012. Long term and interannual rainfall variability in argentinean Chaco plain region, ''Rainfall: Behavior, Forecasting and Distribution”, Chapter 4, 68-89. Editors Olga E. Martín and Tricia M. Roberts, Nova Science Publishers Inc

González, M.H. 2015. “Statistical seasonal rainfall forecast in Neuquen river basin (Comahue Region, Argentina)”. Climate 3, 349-364, ISSN 2225-1154, Suiza, Ed MDPI

González, M.H., Garbarini, E.M. y Romero, P.E. 2015. “Rainfall patterns and the relation to atmospheric circulation in northern Patagonia (Argentina)”, Cap 6 en Advances in Environmental Research, 41, 85-100, Editors: Justin A. Daniels, NOVA Publisher, NY, USA ISBN 978-1-63482-885-7

González, M. H. and Cariaga M. L, 2009. An approach to seasonal forecasting of summer rainfall in Buenos Aires, Argentina. Atmósfera 22, 3, 265-279. ISSN 0187 6236

González, M. H., Garbarini, E.M., Rolla, A.L. and Eslamian, S. 2016. Meteorological Drought Indices: Rainfall Prediction in Argentina en Handbook of Drought and Water Scarcity: Vol. 1, Principle of Drought and Water Scarcity, Chapter 29, Taylor& Francis Publishing (CRC Group) Editor: Saeid Eslamian. Reino Unido, Abingdon.

González, M.H., Garbarini, E.M., Rolla, A.L. and Eslamian, S. 2017a. Meteorological Drought Indices: Rainfall Prediction in Argentina en Handbook of Drought and Water Scarcity: Vol. 1, Principle of Drought and Water Scarcity, Chapter 29, 540-567, Taylor& Francis Publishing (CRC Group) Editor: Saeid Eslamian. ISBN: 9781498731089. Reino Unido, Abingdon.

González, M.H., Romero, P. and Garbarini, E.M.. 2017b. Droughts and floods in northern Argentinean Patagonia, The Andes: Geography, Diversity and Sociocultural Impacts, Editor Casey D. Allen, NOVA Science Publications, Nueva York, USA, 5-28. 219p. ISBN 978-1-53611-094-4.

González, M.H., Garbarini, E.M., Domínguez, D., Cariaga, M.L. y Marcuzzi, E. 2017. La predicción estadística de la lluvia estacional como herramienta para la toma de decisiones en un contexto de cambio climático, pag 21-28 en "El desarrollo agropecuario argentino en el contexto del cambio climático: una mirada desde el PIUBACC" (Vicente Barros ... [et al.]) compilado por Alejo Pérez Carrera; Alejandra Vanina Volpedo. - 1a ed. - Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Universidad de Buenos Aires. Secretaría de Ciencia y Técnica, 132 p, ISBN 978-950-29-1618-7

González, M.H., Losano, F. and Eslamian, S. 2019 “Rainwater Harvesting Reduction Impact on Hydro-Electric in Argentina” in Handbook of Water Harvesting and conservation, ISBN: 978-1-119-47895-9, Editor: S. Eslamian, 110p. Ed. John Wiley & Sons, NY, USA, en prensa.

González, M.H., Rolla A.L., 2019. Comparison between statistical precipitation prediction in northern Patagonia (Argentina) using ERA- INTERIM and NCEP reanalysis datasets. Agricultural Research updates, Vol. 27, Ed. Prathamesh Gorawala y Srushti Mandhari, NOVA Science Publications, Nueva York, USA. en prensa.

Gutiérrez, J.M., Cano, R., Cofiño, A.S. and Sordo, C. 2004. Redes probabilísticas y neuronales en las ciencias atmosféricas, Monografías Ministerio de Medio Ambiente, Madrid, España. 292p.

Grimm, A.M., Barros, V.R.y Doyle, M.E., 2000. Climate variability in southern South America associated with El Nino and La Nina events. Journal of Climate, 13, 35-58.

Grimm, A.M. 2011: Interannual climate variability in South America: Impacts on seasonal precipitation, extreme events and possible effects of climate change. Stoch.Environ. Res. Risk Assess., 25, 537–554

Isasi Viñuela, P. y Galván León, Inés M. 2004. Redes de Neuronas Artificiales: un enfoque práctico. Prentice Hall. Madrid, España. 239p.

Hyndman, R.J. and Athanasopoulos, G. 2013. Forecasting: principles and practice. OTexts: Melbourne, Australia. <http://otexts.org/fpp/>.

James, G., Witten, D., Hastie, T. and Tibshirani, R. 2013. An Introduction to Statistical Learning with Applications in R. Springer.

Kalnay, E., Kanamitsu, M., Kistler, R., Collins, W., Deaven, D., Gandin, L., Iredell, M., Saha, S., White, G., Woollen, J., Zhu, I., Chelliah, M., Ebisuzaki, W., Higgings, W., Janowiak, J., Mo, K.C., Ropelewski, C., Wang, J., Leetmaa, A., Reynolds, R., Jenne, R., Joseph, D. 1996. The NCEP/NCAR Reanalysis 40 years- project. Bull. Amer. Meteor. Soc. 77: 437-471.

Kidson, J. 1999. Principal modes of southern hemisphere low frequency variability obtained from NCEP NCAR reanalyses. J. Climate 1:1177-1198.

Klein, W.H., B.M. Lewis, and I. Enger, 1959. Objective prediction of five-day mean temperature during winter. Journal of Meteorology, 16, 672–682.

Llano, M.Paula. 2018. Spatial distribution of the daily rainfall concentration index in Argentina: comparison with other countries. Theoretical and Applied Climatology, 133, 997-1007.

Llano, M.Paula and Vargas, Walter. 2016. Climate characteristics and their relationship with soybean and maize yields in Argentina, Brazil and the United States. International Journal of Climatology, 36, 1471–1483.

Meis, Melanie and Llano, M.Paula. 2019. Hydrostatistical study of the Paraná and Uruguay Rivers. International Journal of River Basin Management, 17 (1), 1–12.

Meis, Melanie and Llano, M.Paula. 2018. Modelado estadístico del caudal mensual en la baja Cuenca del Plata. Meteorologica, 43 (2), 63-77.

Murgida, A. M, González, M. H., y Tiessen, H. 2014, “Rainfall trends, land use and adaptation in the Chaco Salteño region of Argentina ", Regional Environmental Change: Volume 14, Issue 4 (2014), Page 1387-1394, Springer.

NoguesPaegle, J. and Mo, K.C. 2002. Linkages between Summer Rainfall Variability over South America and Sea Surface Temperature Anomalies. J. Climate; 15, 1389 – 1407.

Oliveri, Paula, 2018. La influencia de los océanos cercanos sobre la precipitación y temperatura estacionales en Argentina. Tesis de Licenciatura en Ciencias de la Atmósfera, Unversidad de Buenos Aires.

Reason, C. 2001. Subtropical Indian Ocean SST dipole events and Southern Africa rainfall. Geophys. Res. Lett. 28, 2225-2227.

Reason, C and Rouault, M. 2005. Links between the Antartic Oscillation and winter rainfall over western South Africa. Geophys. Res. Lett. 32, L07705 DOI 10.1029/2005GL022419.

Reboita, M.S., Ambrizzi, T., Da Rocha R.P. 2009. Relationship between the Southern Annular Mode and the Southern Hemisphere Atmospheric Systems. Revista Brasileira de Meteorología, 24, 1, 48-55.

Robertson, E.A., Zweig, M.H. 1981. Use of receiver operating characteristic curves to evaluate the clinical performance of analytical systems. Clin Chem 1981; 27: 1569-1574. [Medline]

Rolla, AL y González, MH. 2018. Some Precipitation Patterns That Affect Agricultural Practices in the Plains of Buenos Aires (Argentina), en Agricultural Research Updates. Volume 22, capítulo 8, 209-238, Ed. Ptrathamesh Gorawala y Srushti Mandhatri, NOVA Science Publications, Nueva York, USA. ISBN: 978-1-53613-011-9 (ebook) ISSN: 2160-1739

Ropelewski C.F. y Halpert.M.S., 1987.Global and regional scale precipitation patterns associated with El Niño/Southern Oscillation. Monthly Weather Review,115, 2161-2165.

Rusticucci, M, Venegas, S. and Vargas, W. 2003. Warm and cold events in Argentina and their relationship with South Atlantic and South Pacific Sea surface temperatures. JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH, VOL. 108, NO. C11, 3356, doi:10.1029/2003JC001793, 2003

Saji, N.H., Goswami, B.N., Vinayachandran, P.N. and Yamagata, T. 1999.[A dipole mode in the tropical Indian Ocean](http://www.nature.com/nature/journal/v401/n6751/abs/401360a0.html). Nature 401: 360-363.

Silvestri, G. & Vera, C. 2003. Antarctic Oscillation signal on precipitation anomalies over southeastern South America. Geophysical Research Letters. 30, 21, 2115, doi:10.1029/2003GL018277.

Swets JA, Pickett RM. Evaluation of diagnostic systems: methods from signal detection theory. Nueva York: Academic Press; 1982.

Taschetto, A.S. y Ambrizzi, T. 2012. Can Indian Ocean SST anomalies influence South American rainfall? Clim Dyn (2012) 38:1615–1628, DOI 10.1007/s00382-011-1165-3

Thompson, D.W. and Wallace, J.M. 2000. Annular modes in the extratropical circulation. Part I: Month-to-month variability. J. Climate13: 1000-1016.

Vera, C., Silvestri, G., Barros, V. and Carril, A. 2004. Differences in El Niño response in Southern Hemisphere. J. Climate 17, 9: 1741-1753.

Wilks, D. 1995. Statistical Methods in atmospheric sciences: an introduction. International Geophysics Series, 59. Academic Press.

Zheng X. and C. Frederiksen, 2006. A study of predictable patterns for seasonal forecasting of New Zealand rainfall. J. Climate 19, 3320-3333