

# ICU Investigación, Ciencia y Universidad

Revista electrónica de difusión científica | ISSN: 2525-1783 | Año 2020 - Vol 4 / N° 5

EDITORIAL  
**UMAZA**

CIENCIA  
Y TÉCNICA

UNIVERSIDAD  
**MAZA**



# ICU Investigación, Ciencia y Universidad

Revista electrónica de difusión científica | ISSN: 2525-1783 | Año 2020 - Vol 4 / Nº 5

EDITORIAL  
**UMAZA**

CIENCIA  
Y TÉCNICA

UNIVERSIDAD  
**MAZA**



## Objetivos y alcances

La Revista Investigación, Ciencia y Universidad (ICU), ISSN: 2525-1783, es la revista científica multidisciplinaria e interdisciplinaria gestionada y financiada por la Universidad Juan Agustín Maza, Mendoza, Argentina.  
<https://orcid.org/0009-0004-1098-2009>

Tiene como objetivo, desde su creación en 2016, la difusión de resultados de trabajos de investigación y trabajos teóricos que estén o hayan estado orientados al planteo y resolución de problemáticas regionales actuales, buscando aportar desde el desarrollo científico, a la concreción de un mundo mejor para todos y todas. Resulta clave el abordaje interdisciplinario para enriquecer las miradas y las lecturas de la realidad compleja que nos toca transitar.

En este sentido, difundir la ciencia y que esté al alcance de la ciudadanía, se hace imprescindible. Es por ello que la Revista ICU está arbitrada e indexada en Acceso Abierto y no tiene costo de publicación para autores/as ni para lectores/as.

La periodicidad de publicación es de un número anual de publicación permanente. Esto implica que los artículos se publican a medida van ingresando y siendo aprobados, entre el período calendario del 1 de enero al 31 de diciembre de cada año.

Se publican trabajos originales e inéditos que traten problemáticas significativas en al menos una de las siguientes áreas temáticas:

- Ciencias ambientales, agroindustrias y de la tierra
- Ciencias de la salud humana
- Ciencias sociales y humanas
- Ciencias veterinarias

Los formatos de publicación (Secciones de la Revista) y sus extensiones son:

- Artículos completos: 6 a 20 páginas.
- Revisiones: 6 a 20 páginas.
- Ensayos: 6 a 20 páginas.
- Métodos o protocolos: 6 a 20 páginas.
- Estudios de Caso: 6 a 20 páginas.
- Comunicaciones breves: de 2 a 5 páginas.
- Cartas al Editor: 2 a 4 páginas.
- Resúmenes de eventos científicos: extensión determinada por cada evento en particular.

## Datos de la revista

**Nombre:** Revista Investigación, Ciencia y Universidad (ICU)  
**Sitio Web:** <http://revistas.umaza.edu.ar/index.php/icu>  
**ISSN:** 2525-1783  
**Correo de la revista:** [revistaicu@umaza.edu.ar](mailto:revistaicu@umaza.edu.ar)  
<https://orcid.org/0009-0004-1098-2009>  
**Institución:** Universidad Juan Agustín Maza  
**Áreas responsables:** Ciencia y Técnica - Editorial  
**Dirección postal y ubicación:** Lateral Sur del Acceso Este 2245 (M5519). Guaymallén, Mendoza; Argentina  
**Teléfonos:** -54 9 0261 4056200 internos 258 y 288  
**Sitio Web Institucional:** <https://www.umaza.edu.ar>

## Equipo Editorial

### Editor en Jefe

Laura Pelegrina - Universidad Juan Agustín Maza. Argentina  
<https://orcid.org/0000-0003-4163-2314>

### Editora ejecutiva

Lizzet Vejling - Universidad Juan Agustín Maza. Argentina  
<https://orcid.org/0000-0002-4638-7496>

### Comunicación, diseño y edición

Mauricio Galeone - Universidad Juan Agustín Maza. Argentina

### Soporte Informático

Ezequiel Gómez y Gabriel Muñoz - Theke Solutions

## Comité Editorial

### Ciencias Ambientales, Agroindustrias y de la Tierra

Ana Grijalda-Endara - Universidad de Guayaquil. Ecuador  
<https://orcid.org/0000-0002-2194-2297>

Belén Levatino - Facultad de Ciencias Políticas y Sociales. Universidad Nacional de Cuyo. Argentina.  
<https://orcid.org/0000-0002-2194-2297>

Cristian Bevacqua - Universidad Nacional de Catamarca. Argentina. <https://orcid.org/0009-0008-1971-3808>

Fernando Gastón Iturburu - Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras. Universidad Nacional de Mar del Plata. Argentina  
<https://orcid.org/0000-0002-7389-8929>

Jorge Sisti - Universidad Nacional de La Plata. Argentina.  
<https://orcid.org/0009-0004-4792-9623>

José María Ciampagna - Ciampagna y Asociados. Argentina.  
<https://orcid.org/0009-0004-4772-4695>

Martín Fanzone - Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). Universidad Juan Agustín Maza. Argentina. <https://orcid.org/0000-0002-3356-1811>

Néstor Oscar Pisciotta - Universidad Blas Pascal. Facultad Regional Córdoba, Universidad Tecnológica Nacional. Argentina. <https://orcid.org/0009-0008-2751-9650>

Virginia Mackern - Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). Universidad Juan Agustín Maza. Argentina. <https://orcid.org/0000-0001-9029-277X>

#### Ciencias de la Salud Humana

Aldo Calzolari - Instituto Universitario Hospital Italiano. Buenos Aires. Argentina. <https://orcid.org/0000-0002-1823-4521>

Alejandro Español - Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). Segunda Cátedra de Farmacología, Facultad de Medicina, Universidad de Buenos Aires. Argentina. <https://orcid.org/0000-0001-8222-4259>

Claudio Fader - Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas. Instituto de Histología y Embriología. Laboratorio de la Fisiología y la fisiopatología del glóbulo rojo. Universidad Nacional de Cuyo. Facultad de Odontología. Cátedra de Bioquímica General y Estomatológica. Argentina. <https://orcid.org/0000-0001-6495-5007>

Cristián Quintero - Universidad Juan Agustín Maza. Universidad de Mendoza. Argentina. <https://orcid.org/0000-0003-4365-4189>

Daniela Quinteros - Unidad de Investigación y Desarrollo en Tecnología Farmacéutica. Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas. Universidad Nacional de Córdoba. Facultad de Ciencias Químicas. Departamento de Ciencias Farmacéuticas. Argentina. <https://orcid.org/0000-0001-7459-7442>

Emilia Raimondo - Universidad Nacional de Cuyo. Universidad Juan Agustín Maza. Argentina. <https://orcid.org/0000-0003-2057-4506>

Fernando Venezuela - Instituto de Virología "Dr. J.M.Vanella". Universidad Nacional de Córdoba. Facultad de Ciencias Médicas. Argentina. <https://orcid.org/0000-0002-4325-8998>

Ganna Dmytrenko - Universidad de Buenos Aires. Argentina. <https://orcid.org/0000-0002-6335-8822>

Laura López - Universidad de Buenos Aires. Argentina. <https://orcid.org/0000-0003-2302-522X>

Mariana Vallejo - Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas. Instituto Multidisciplinario de Biología Vegetal. Universidad Nacional de Córdoba. Facultad de Ciencias Químicas. Departamento de Ciencias Farmacéuticas. Argentina. <https://orcid.org/0000-0003-1498-8075>

Omar Barrionuevo - Universidad Nacional de Catamarca. Argentina. <https://orcid.org/0009-0001-2143-6095>

#### Ciencias Sociales y Humanas

Belén Levatino - Facultad de Ciencias Políticas y Sociales. Universidad Nacional de Cuyo. Argentina. <https://orcid.org/0000-0002-2194-2297>

Enzo Ricardo Completa - Universidad Nacional de Cuyo. Universidad Champagnat. Argentina. <https://orcid.org/0000-0001-9611-5336>

Esther Susana Borgarello - Universidad Blas Pascal. Argentina. <https://orcid.org/0000-0002-2290-5527>

Luisa Carolina González Ramírez - Universidad Nacional del Chimborazo. Ecuador. <https://orcid.org/0000-0002-4431-965X>

Marisa Pimienta - Universidad Juan Agustín Maza. Argentina. <https://orcid.org/0009-0008-0362-6929>

Rubén Aroca Jacome - Universidad de Guayaquil. Ecuador. <https://orcid.org/0000-0001-6179-085X>

Susana Gallar - Universidad Juan Agustín Maza. Argentina. <https://orcid.org/0000-0001-6866-1700>

#### Ciencias Veterinarias

Antonella Cáceres - Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). Argentina. <https://orcid.org/0000-0001-9898-3524>

Daniela Ferré - Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). Universidad Juan Agustín Maza. Argentina. <https://orcid.org/0000-0002-4052-1922>

Gisela Neira - Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). Facultad de Ciencias Veterinarias y Ambientales, Universidad Juan Agustín Maza, Argentina. <https://orcid.org/0000-0002-3429-7987>

Patricio Artigas Bascur - Universidad de Valencia. España. <https://orcid.org/0000-0002-2815-1324>

Roberto Mera y Sierra - Universidad Nacional de Cuyo. Universidad Juan Agustín Maza. Argentina. <https://orcid.org/0000-0002-7148-5418>

Silvana Scarcella - Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). Centro de Investigación Veterinaria de Tandil (CIVETAN). Argentina. <https://orcid.org/0000-0003-2865-0067>

## Política de Acceso Abierto y Propiedad Intelectual

La Revista Investigación, Ciencia y Universidad (ICU), de acuerdo con su formato electrónico, utilizará para la gestión editorial el sistema OJS (Open Journal System), software libre de PKP que permite la edición de revistas en línea. Información del sistema OJS: <https://pkp.sfu.ca/>

Se edita bajo licencia Creative Commons 4.0 Internacional (Atribución-NoComercial-CompartirIgual) para salvaguardar los derechos de los autores y las versiones de los documentos incluidos. Por medio de esta licencia, se manifiesta que la distribución de las obras se debe hacer con una licencia igual a la que regula la obra original, para salvaguardar los derechos de los autores y las versiones de los documentos incluidos y NO se permite un uso comercial de la obra original ni de las posibles obras derivadas.

Eres libre de: Compartir – copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato. Adaptar: remezclar, transformar y construir sobre el material.

Información de la licencia Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0): <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0) <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

La Revista ICU adhiere a las políticas argentinas y mundiales de Acceso Abierto, porque considera que es fundamental la difusión de la ciencia para el avance de la sociedad y la cultura y cree que el conocimiento debe estar con disponibilidad en línea, gratuito y sin restricciones. Es por ello que en su Res. N° 978/19, la Universidad Juan Agustín Maza adhirió a Ley Nacional de Acceso Abierto N° 26899/13. Se puede consultar la normativa en: <http://repositorio.umaza.edu.ar/handle/00261/1328>

La Revista ICU, por tanto es depositada y difundida en el Repositorio Digital Institucional, adherido y cosechado por el Sistema Nacional de Repositorios Digitales (SNRD) del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación de la Nación.



Por conformar el núcleo de Repositorios Digitales argentinos y, por gestión del SNRD, la Revista ICU es cosechada también por La Referencia, Red de Repositorios de Acceso Abierto de América Latina.

Con el convencimiento de estas acciones e que ICU ha firmado la Declaración de Budapest: <https://www.budapestopenaccessinitiative.org/sign/signatures/> manifestando su apoyo a las acciones mundiales para la libre circulación del conocimiento.



La Revista podrá retirar de publicación cualquier artículo por causa debidamente justificada y/o reclamos de terceros. Los derechos de propiedad intelectual pertenecen siempre a los autores, así como su responsabilidad última sobre lo escrito. La Universidad Juan Agustín Maza reglamentó la propiedad intelectual en su Res. N°1400/2016. Se puede consultar la norma en: <http://repositorio.umaza.edu.ar/handle/00261/3028>

La Revista ICU declara su expreso rechazo al plagio. De acuerdo a la Ley Nacional de Propiedad Intelectual N° 11.723, sancionada el 26 de marzo de 1933 y a la Resolución Rectoral N° 1400/2016 que aprueba el Reglamento sobre Derechos de Protección de Resultados de Propiedad Intelectual, se considera, que es política institucional la preservación de derechos de autor, como manifestación del derecho a la protección intelectual y que el plagio es uno de los principales actos que atenta contra los derechos de protección intelectual de las obras. La Res. rectoral N° 87/21 que establece las Políticas de Protección de Derechos Intelectuales y Rechazo al Plagio se puede ver en: <http://repositorio.umaza.edu.ar/handle/00261/3060>

Para la detección de similitudes la Revista ICU utiliza el servicio proporcionado por Crossref y desarrollado por iThenticate–Similarity Check.



Postulando los escritos a publicación en Revista ICU, autores y autoras dejan expresa autorización a la Revista ICU de la difusión de sus escritos en la misma revista, en el Repositorio Digital Institucional de la Universidad Juan Agustín Maza «UMaza Digital» y sus cosechadores mundiales, así como en el medio que la misma considere pertinente para ayudar a la mejor difusión científico-académica del conocimiento y la libre circulación mundial del conocimiento. Autores y autoras pueden depositar la versión de la obra publicada en la revista y cualquier otra versión previa o posterior en Repositorios Institucionales o los medios que considere.





## Índice

Prólogo	11
Cartas al editor	13

## • Artículo completo

Ciencias Ambientales y de la Agroindustria	19
--	----

<b>Determinación simultánea de carotenoides y compuestos fenólicos en subproductos agroalimentarios: Microextracción Líquido-Sólido Asistida por Ultrasonido optimizada por metodologías de diseño experimental</b>	20
---	----

*Simultaneous determination of carotenoids and phenols of carotenoids and phenolic compounds in agrifood by-products: Ultrasound-Assisted Microextraction Liquid-Solid optimized by experimental design methodologies*

Viviana Jofré, Mariela Assof, Eliana Vargas, Martín Fanzone

<b>Estimación rápida de desplazamientos co-sísmicos mediante estaciones de Posicionamiento Satelital Global. Comparación con interferometría de radar</b>	29
---	----

*Quick estimation of co-seismic displacements with Global Navigation Satellite Systems. Comparison with radar interferometry*

María Fernanda Camisay, Patricia Alejandra Rosell, María Virginia Mackern, María Laura Mateo, Tomás Weidmann, Agustín Gonzalez Romo

<b>Análisis del modelo de cálculo utilizado para obtener el vapor de agua troposférico desde los retardos en la señal gnss en la región centro oeste de Argentina</b>	41
---	----

*Analysis of the calculation model used to obtain tropospheric water vapor from the gnss signal delays in the central west region of Argentina*

María Virginia Mackern, María Laura Mateo, María Fernanda Camisay, Patricia Alejandra Rosell, Tomás Weidmann, Agustín Gonzalez Romo

Ciencias Sociales y Humanas	59
-----------------------------	----

<b>Instrumentación de un protocolo institucional para la vinculación tecnológica</b>	60
--	----

*Enforcement of an institutional protocol for technology transfer*

Leandro Ferron, Georgina Davies Sala

Ciencias de la Salud Humana	69
-----------------------------	----

<b>Mejoramiento del perfil nutricional del pan</b>	70
--	----

*Improvement of the nutritional profile of bread*

Emilia Raimondo, Silvia Farah, Jehannara Calle-Domínguez, Pablo Mezzatesta, Gladys Dip, Alejandro Gascon

## • Resúmenes de eventos científicos

7º Jornadas Regionales de Conservación y Medicina de Fauna Silvestre y Animales No Convencionales	78
---	----

<b>Descripción parasitológica en comadrejas overas (<i>Didelphis albiventris</i>) de Mendoza</b>	79
--	----

*Parasitological description in white-eared opossums (*Didelphis albiventris*) from Mendoza*

M. Morales, S. Caballero, A. Marinozzi De Carlini, C. Linares, P. Moreno

<b>Hallazgos de necropsia en un gato montés (<i>Oncifelis geoffroyi</i>) de Tupungato, provincia de Mendoza</b>	80
---	----

*Necropsy findings in a Geoffroy's cat (*Oncifelis geoffroyi*) from Tupungato, Mendoza province*

J. Ibarra, G. Neira, R. Mera y Sierra

<b>Investigación de <i>Trichinella</i> spp. en zorro gris (<i>Lycalopex griseus</i>)</b>	<b>81</b>
<i>Trichinella</i> spp. survey in south american grey fox ( <i>Lycalopex griseus</i> )	
M. Gonzalez, L. Logarzo, G. Neira, D. Godoy, R. Mera y Sierra	
<b>Reporte de sarna sarcóptica en zorro gris chico (<i>Lycalopex griseus</i>)</b>	<b>82</b>
<i>Scabies</i> report on south american grey fox ( <i>Lycalopex griseus</i> )	
J. Ibarra, G. Neira, D. Godoy, R. Mera y Sierra	
<b>Reporte de un caso de nematodiasis de sacos aéreos en un halcón peregrino del departamento de La Paz, Mendoza</b>	<b>83</b>
<i>Case report of air sac nematodiasis in a peregrine falcon from La Paz, Mendoza</i>	
J. Ibarra, G. Neira, R. Mera y Sierra	

## Prólogo

# El mundo frente al COVID-19

*Dra. Susana Gallar*

*Comité Científico Editorial ICU*

*Área de Ciencias de la Educación, Sociales y Humanas*

Universidad Juan Agustín Maza; Argentina

En este número se ve reflejada la inquietud científica que vive el mundo en la actualidad. Se exponen dos cartas al Editor relacionadas al tema insoslayable de hoy: COVID-19 y artículos referidos a otras investigaciones que permiten al conocimiento científico seguir avanzando, a pesar de una pandemia.

Este texto editorial se refiere al primero de los temas, dado que refleja la coyuntura actual científica y social.

No es intención hacer, en este prólogo editorial, referencia a lo profuso y difuso publicado sobre el COVID-19 con el afán de encontrar soluciones para el resguardo de la vida humana, de las instituciones y de las comunidades. Sólo acercar una reflexión del papel que la ciencia juega en este escenario sin igual.

No es la primera pandemia que atraviesa la humanidad, pero sí es una en la que, como nunca, sentimos que estamos viviendo una realidad propia de las películas. Sólo que en ellas el drama aparece con un final cierto y a corto plazo.

Hoy estamos padeciendo los efectos de una indeterminación con la que no se enfrentó ningún cineasta y que está aquejando la vida de las personas. Por eso, médicos, psicólogos, psiquiatras, reportan creciente número de casos de ansiedad y pánico, asociados al contexto de aislamiento, pero sobre todo de incertidumbre acerca de cuánto tiempo tardará en resolverse el problema, cuánto hay que esperar para que pase esta pandemia.

Nos interpela una realidad de estructuras sociales, políticas y económicas requebrajadas, frente a otra en la que aparecen nuevas rutinas y se reacomodan los intereses y pensamientos en una nueva cotidianidad de las personas. Al mismo tiempo, el ser humano se encuentra privado o limitado en dos aspectos que le son esenciales: la libertad y la sociabilidad.

Si bien, como una docente universitaria argentina decía «queremos anticiparnos a cómo serán nuestras vidas y el mundo luego de la pandemia», podemos acordar que no es sencillo de establecer. Imaginaciones al respecto hay muchas; certezas, ninguna.

Algunos intentan vislumbrar un futuro pos pandemia mediante hipótesis que suelen ser refutadas por otros. De hecho, muchos analistas consideran que todo va a cambiar. Otros tantos lo niegan. Algunos comentarios de los expertos son hasta paradójales.

Sociólogos y filósofos no se ponen de acuerdo acerca de cómo será la vida luego de la pandemia.

Étienne Klein, físico y doctor en filosofía de la ciencia, en una entrevista aseguraba que «es posible que esta pandemia corte la historia en dos», pero hay otros pensadores que acentúan la tendencia de los seres humanos al retorno a la normalidad conocida. Por lo que darían por tierra esta proyección.

En el caso de quienes estiman que habrá otra humanidad, en términos de un salto cualitativo en el ser humano, se les puede mostrar como obstáculo especulativo que, si bien es un fenómeno intenso, la duración del evento no permitiría realmente una concientización que lleve al cambio sustancial esperado.

Tal vez estos meses eternos no sean suficientes para que las individualidades que conforman una comunidad cobren conciencia y reperfilen valores y actitudes conducentes a una sociedad distinta. Y a una visión más ecológica de la propia vida en comunidad y con la naturaleza.

También resulta paradójica la percepción del tiempo y del espacio. El palabras de Klein, los seres humanos tenemos, debido a esta situación, una distorsión del tiempo y el espacio.

Sin embargo, podemos considerar, aunque no haya total acuerdo con el pensador, que hay confluencia de opuestos. Una tensa calma, o una quietud física producto de la inmovilidad impuesta por el aislamiento y una gran actividad mental transformada en ansiedad. Días cargados de actividades cuyas horas parecen andar a una velocidad fuera de los segundos de los relojes y un aletargamiento temporal traducido en la percepción de que hay una distancia en tiempo superior a los días reales transcurridos desde los primeros casos.

A nivel social, parece que se han profundizado los fenómenos propios de la globalización donde confluyen las preocupaciones globales y locales, referidas a la economía, la educación, la política y se resignifican los roles del estado y del ciudadano en torno a las responsabilidades. Asimismo, se ha visto en este corto e interminable tiempo, aspectos altamente positivos en el medio ambiente y muy negativo para el contexto social.

Tal vez muchas alteraciones en la vida personal, social, laboral han venido para quedarse. Otras, decididamente, aún no tienen cómo reinventarse para dar respuesta a las necesidades individuales y colectivas. A nivel laboral, las nuevas capacidades requeridas (y también es especulación) luego de la pandemia tienen que ver con la flexibilidad, la creatividad, la resiliencia, la adaptabilidad y la capacidad crítica. Del mismo modo, a nivel individual, hay al unísono posibilidad de enriquecimiento y estancamiento. Seres humanos han mostrado en esta situación los más altos valores como el altruismo, mientras que otros humanos han dejado ver grandes miserias referidas a la irresponsabilidad, el egoísmo y el desprecio por la seguridad y la vida de los demás.

Mientras tanto, y por fuera de especulaciones futuristas, hay una realidad patente e imperante: el valor de la investigación científica y de los estudios clínicos como camino necesario y esperanzador para superar la que, al momento, parece ser la medida más efectiva para detener el virus: la medieval cuarentena.

No necesitamos sentirnos actores de una película de ciencia ficción, porque la ficción no está. Sin embargo la ciencia, febrilmente, trata de encontrar la cura y la prevención del COVID-19. El mundo entero espera que los científicos logren el tratamiento y la vacuna para volver a andar.

Y podemos reflexionar, por último: cuando la vacuna se logre finalmente ¿cuál será la postura que seguirán los impulsores de la investigación clínica que permita su obtención? ¿Buscarán, además del reconocimiento internacional, el rédito económico? ¿O será accesible a todos? ¿Podrá repetirse la generosa actitud de Albert Sabin?

## Cartas al editor

## Actualidad en el diagnóstico de la COVID-19

Giai, C.

Universidad Juan Agustín Maza, Mendoza, Argentina

**Corresponding autor:**

Dra. Constanza Giai

Av. Acceso Este, Lateral Sur 2245,

Guaymallén, Mendoza, Argentina.

consgiai@gmail.com

Estimado Editor:

La COVID-19 (del inglés: *corona virus disease-19*), producida por el agente etiológico SARS-CoV-2 (del inglés: *severe acute respiratory syndrome coronavirus-2*), es una nueva enfermedad diferente a otras causadas por coronavirus, como el síndrome respiratorio agudo grave (SARS) y el síndrome respiratorio del Oriente Medio (MERS). El virus se propaga rápidamente y los brotes pueden crecer a un ritmo exponencial. En la actualidad no existen terapias o vacunas que demuestren tratar o prevenir la COVID-19, aunque los gobiernos nacionales y la Organización Mundial de la Salud (OMS) están trabajando con urgencia para coordinar el rápido desarrollo de contramedidas médicas (1). Según los datos de los primeros países afectados en la pandemia, cerca del 40% de los casos experimentarán una enfermedad leve, el 40% experimentará una enfermedad moderada como la neumonía, el 15% experimentará una enfermedad grave y el 5% de los casos padecerá una enfermedad crítica (1).

Debido a que no existe tratamiento terapéutico alguno para la COVID-19, detener y controlar la propagación de esta enfermedad es clave. Para ello se requiere detectar y realizar pruebas diagnósticas a todos los casos sospechosos, de forma que aquellos que den positivos para el SARS-CoV-2 sean aislados de manera rápida y efectiva, y reciban los cuidados adecuados; y que los contactos cercanos de todos los casos confirmados sean identificados rápidamente para ponerlos en cuarentena y someterlos a control médico durante los 14 días del periodo de incubación del virus (2).

La confirmación rutinaria de casos de COVID-19 se basa en las pruebas de amplificación de ácido nucleico mediante la detección de secuencias únicas de virus ARN (1).

Este diagnóstico se realiza a través de técnicas de biología molecular como es la reacción en cadena de la polimerasa en tiempo real (qPCR). Mientras que qPCR es una técnica popular en biología molecular para monitorear la amplificación de una molécula de ADN dirigida en tiempo real (3), la RT-qPCR combina la transcripción inversa del ARN en el ADN y la amplificación por PCR del ADN, seguida de la lectura utilizando fluorescencia (4). Para detectar el ARN del SARS-CoV-2 con esta técnica, se utiliza muestras obtenidas de las vías respiratorias superiores e inferiores como son los hisopados naso-orofaríngeos, el esputo y el lavado bronco-alveolar. Los resultados de la prueba generalmente están disponibles en unas pocas horas a dos días (1).

Dado que el SARS-CoV-2 es un nuevo coronavirus las pruebas utilizadas para su detección fueron en un principio ensayos estandarizados en institutos de distintos países del mundo como el Instituto Charité de Alemania, el CDC de China, el Instituto HKU de Hong Kong, el Instituto Nacional de Enfermedades Infecciosas-Departamento de Virología III de Japón, el Instituto Nacional de Salud de Tailandia, el CDC de EE.UU y el Instituto Pasteur de Francia. Entre los genes blancos que los diferentes centros propusieron amplificar por qPCR se encuentran el gen E que codifica una de las proteínas de la envoltura del virus, el N que codifica la proteína de la nucleocápside, el gen RdRp que codifica la enzima que copia el ARN del virus llamada transcriptasa dependiente de ARN, el gen ORF1ab que codifica la poliproteína replicasa y el gen nsp14 que codifica una metiltransferasa. Los protocolos de las RT-qPCR se encuentra disponibles y publicados en la página de la OMS

(<https://www.who.int/emergencias/diseases/novelcoronavirus2019/technicalguidance/laboratory-guidance>) (1-5).

Recientemente en nuestro país y gracias al trabajo de científicos del Instituto Milstein, en conjunto con el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) y el Laboratorio Pablo Casará, se ha desarrollado y lanzado al mercado el COVID19- Neokit- Tecnoami. Este kit es una técnica alternativa a la qPCR de amplificación de ácidos nucleicos con ventajas en términos de mayor rapidez y facilidad de uso. El mismo utiliza la técnica de amplificación molecular isotérmica mediada por bucle (LAMP), en esta técnica se utiliza una sola temperatura constante de reacción y no se requiere de un termociclador, en contraste con la reacción en cadena de la polimerasa en el que la reacción se lleva a cabo con una serie de alternancia de pasos o ciclos de temperatura y si se requiere de un termociclador para su realización (6).

Otras dos pruebas que complementan al diagnóstico de la COVID-19 son las pruebas serológicas y las imágenes de tórax. Los test serológicos miden la respuesta del organismo ante una infección a partir de la identificación de los anticuerpos que se generan, se basan en la detección en sangre de anticuerpos IgM e IgG. Estos ensayos confirman que el individuo tiene o ha tenido un proceso infeccioso. Los mismos no son empleados para confirmar el diagnóstico de COVID-19 debido a que los anticuerpos que nos defienden frente al coronavirus recién aparecen luego de unos días posteriores a la infección, pero son de gran utilidad por ejemplo para monitorear a un paciente y ver cómo evoluciona la enfermedad, también permiten detectar anticuerpos en pacientes que han sido asintomáticos. Es por todo ello que los tests serológicos son importantes porque permitirán estudiar cómo se expandió el coronavirus en nuestra población (1). Es importante destacar que, en nuestro país, un equipo de científicos del CONICET y del Instituto Leloir liderados por la Dra. Andrea Gammarnik desarrollaron el primer test serológico hecho en la Argentina para COVID-19 denominado CovidAr IgG que determina si una persona estuvo en contacto con el SARS-CoV-2 (7).

Por último, la radiografía de tórax en pacientes con neumonías atípicas, generalmente muestra opacidades asimétricas o difusas en el espacio aéreo, similares a otras causas de neumonías por coronavirus (8). Las características de las imágenes en las tomografías computarizadas del tórax de pacientes sintomáticos son útiles incluso antes de que aparezcan los síntomas (8-9). Sin embargo, esta prueba no debe usarse para detectar o como una prueba confirmatoria para diagnosticar COVID-19 (10).

La pandemia de COVID-19 es una emergencia de salud pública a nivel mundial. En ausencia de vacunas y antivirales, el aislamiento social está logrando buenos resultados, pero es necesario poner énfasis en realizar la mayor cantidad de pruebas diagnósticas en la población para monitorear la infección por el SARS-CoV-2 y así poder controlar la enfermedad.

**Bibliografía**

- 1 <https://www.who.int/es/emergencias/diseases/novel-coronavirus-2019>
- 2 <https://www.who.int/emergencias/diseases/novel-coronavirus-2019/technical-guidance/surveillance-and-case-definitions>  
**Freeman, W.M., Walker, S.J., Vrana, K.E., 1999.** Quantitative RT-PCR: pitfalls and potential *BioTechniques* 26, 112-125.
- 3 **Bustin, S.A., Benes, V., Garson, J.A., Hellems, J., Huggett, J., Kubista, M., et al., 2009.** The MIQE guidelines: minimum information
- 4 for publication of quantitative real-time PCR experiments. *Clin. Chem.* 55, 611-622.
- 5 Informe SARS CoV-2. Sociedad Argentina de Virología -División de la Asociación Argentina de Microbiología, 19 de marzo 2020
- 6 <https://www.conicet.gov.ar/aprueban-el-uso-de-un-nuevo-test-rapido-y-economico-de-diagnostico-molecular-de-covid-19/>  
[https://www.conicet.gov.ar/investigadores-argentinos-logran-desarrollar-el-primertest-serologico-del-pais-para-el-nuevo-](https://www.conicet.gov.ar/investigadores-argentinos-logran-desarrollar-el-primertest-serologico-del-pais-para-el-nuevo-coronavirus-sars-cov-2/)
- 7 **Ai, T., Yang, Z., Hou, H., Zhan, C., Chen, C., Lv, W., et al., 2020.** Correlation of chest CT and RT-PCR testing in coronavirus
- 8 disease 2019 (COVID-19) in China: a report of 1014 cases. *Radiology*, 200642
- 9 **Salehi, S., Abedi, A., Balakrishnan, S., Gholamrezanezhad, A., 2020.** Coronavirus disease 2019 (COVID-19): a systematic re-
- view of imaging findings in 919 patients. *Am. J. Roentgenol.*, 1-7
- ACR, 2020.** ACR Recommendations for the Use of Chest Radiography and Computed Tomography (CT) for Suspected COVID-19
- Infection. American College of Radiology.

## Cartas al editor

## Entrada de SARS-CoV-2 en la célula: la clave de su diseminación y capacidad infectiva

Quintero, C. A.

Universidad Juan Agustín Maza, Mendoza, Argentina

**Corresponding autor:**

Dr. Cristián Andrés Quintero

Av. Acceso Este, Lateral Sur 2245,

Guaymallén, Mendoza, Argentina.

Estimado Editor:

El nuevo coronavirus, SARS-CoV-2 (SARS del inglés *Severe Acute Respiratory Syndrome-Coronavirus*) que es foco de la atención debido a su rápida diseminación entre los seres humanos, pertenece a una familia de virus que se conoce desde hace tiempo. Hace 90 años fue descrito el primer miembro de la familia del coronavirus, en 1930 (1), desde ese momento tenían importancia veterinaria, afectando a mamíferos y aves. Adquirieron mayor importancia en salud humana y se hicieron más conocidos cuando estos llegaron a producir dos grandes epidemias, causando en 2003 el Síndrome respiratorio agudo severo (SARS) y en 2012 el Síndrome respiratorio del Medio Oriente (MERS; Middle East Respiratory Syndrome), llamando la atención su capacidad de saltar entre especies. La pandemia actual ya ha causado cerca de 4.000.000 de contagiados y 300.000 muertes hasta los primeros días de mayo de 2020.

Los coronavirus pertenecen a la subfamilia *Coronavirinae* que junto con *Torovirinae* forman la familia *Coronaviridae* en el orden de *Nidovirales*. Los coronavirus se clasifican en cuatro géneros diferentes, en base a estudios serológicos inicialmente y genéticos actualmente: alfa, beta, gamma y delta-CoV(2).

Los coronavirus son virus envueltos, generalmente esféricos o pleiomórficos, y su tamaño varía entre los 80 y los 120 nm. Se caracterizan además por poseer el genoma viral de RNA más grande, de hasta 32Kb. Tiene entre 6 y 11 marcos de lectura abiertos (ORF, del inglés Open Reading Frame), que pueden codificar hasta 16 proteínas no estructurales. Las cuatro proteínas estructurales principales son denominadas spike surface glycoprotein (S), small envelope protein (E), matrix protein (M), y nucleocapsid protein (N) (3). La proteína S juega un papel muy importante en la adhesión del virus a la célula huésped, su posterior ingreso y el tropismo por el huésped (4).

La proteína S es una proteína de membrana tipo I, de gran tamaño, entre 180-200 KDa, altamente glicosilada, con 21 a 35 sitios de N-glicosilación, variando en cada miembro de la familia *Coronaviridae*. Su extremo N-Terminal está orientado hacia el espacio extracelular y un tallo C-Terminal corto intracelular. La proteína spike forma trímeros en la superficie del virus, dando la apariencia de corona distintiva para la especie. En el segmento N-terminal expuesto se distinguen dos dominios, S1 y S2, que tienen la función de interactuar con el receptor de la célula huésped (Región de unión al receptor RBM) y mediar la fusión respectivamente. A su vez, el dominio S1 posee dos subdominios, el dominio N-terminal (NTD) y el dominio C-terminal (CTD). Uno o ambos subdominios pueden servir como el dominio de unión al receptor (RBD) (5).

Tanto el SARS-CoV como el SARS-CoV-2 utilizan el CTD para unir la enzima convertidora de angiotensina 2 (ACE2) (6). Esta es una proteína de membrana tipo I, que se expresa abundantemente en pulmones, es una enzima mono carboxipeptidasa que hidroliza angiotensina II. La relación entre la proteína spike y los receptores es clave, no sólo en el ingreso del virus a la célula, sino también en su tropismo por los diferentes huéspedes.

Los genomas del SARS-CoV-2 y del SARS-CoV tienen una serie de diferencias entre sus secuencias, lo que da lugar a 380 aminoácidos diferentes entre ambos virus (7). Se ha demostrado recientemente que la proteína S tiene cuatro aminoácidos diferentes en la región RBM (residuos 482-485: Gly-Val-Glu-Gly) en el SARS-CoV-2, mutación que aumenta su afinidad por el receptor ACE2, lo que lo hace más infectivo que su primo SARS-CoV(6,8,9).



Muchas de las proteínas virales que median la fusión e infección de la célula huésped, son expresadas como precursores inactivos, y necesitan ser activadas mediante un corte proteolítico. Este es el caso de la proteína spike, cuyas enzimas proteolíticas son una serina proteasa denominada transmembrane protease/serine subfamily member 2 (TMPRSS2) (10), proteína de transmembrana tipo II de la familia de proteínas a la activación de virus (type II transmembrane serine proteases (TTSPs)). Esta proteasa corta a la proteína spike entre sus subdominios de adhesión y fusión de la región N-Terminal (11). De la misma forma que el SARS-CoV y el MERS, la proteína spike SARS-CoV-2 de puede activarse en la membrana plasmática (vía temprana) o en su ruta de ingreso vía endosomal (vía tardía) de manera proteasa dependiente (12).

Los virus con cubierta pueden ingresar a la célula directamente o por la vía endocítica una vez que se han unido a su receptor. La fusión del virus con las membranas de la célula huésped requieren de cambios conformacionales en la proteína spike. En el caso de los coronavirus, este ingreso varía en cada uno de los miembros de la familia. Para SARS-CoV, una vez que se ha realizado el contacto, la proteína viral spike induce la traslocación del receptor del SARS-CoV, ACE2, desde la membrana plasmática hacia el citoplasma, de manera dependiente del pH (13). La misma proteína spike purificada es capaz de inducir la endocitosis, llevando al citoplasma al receptor ACE2 (14).

La fusión de membranas depende del colesterol y la composición lipídica (raft lipídicos) (15). Algunos autores sugieren un ingreso independiente de clatrina y cavelolinas, pero dependiente del colesterol y los rafts lipídicos (13) donde ACE2 es una proteína presente en rafts. La presencia de fosfoinosítidos es de suma importancia en su ingreso, por lo que enzimas relacionadas a la síntesis de estos lípidos como Fosfatidilinositol 3-fosfato 5-kinasa (PIKfyve) enzima clave de la síntesis de PI (3, 5) P2, al ser inhibidas, disminuyen la entrada del virus al citosol (16). En una vía alternativa pueden utilizar la macropinocitosis para ingresar a la célula (17).

En el caso del coronavirus, el ingreso mediante la fusión directa a la membrana plasmática es entre 100 y 1000 veces más eficiente que la vía endosomal (3). La disponibilidad de proteasas es fundamental en este proceso. En el caso de SARS-CoV-2, la proteína spike utiliza el receptor ACE2 que colocaliza con TMPRSS2 en la membrana celular, la enzima encargada del corte y activación. Al tener mayor afinidad por su receptor, hace que las células sean invadidas con mayor facilidad, facilitando su diseminación a células vecinas y a los demás individuos.

### Bibliografía

- 1 Hudson CB, Beaudette FR. Infection of the cloaca with the virus of infectious bronchitis. Vol. 76, *Science*. 1932. p. 34.
- 2 Schoeman D, Fielding BC. Coronavirus envelope protein: Current knowledge. *Viol J*. 2019;16(1):1-22.
- 3 Matsuyama S, Ujike M, Morikawa S, Tashiro M, Taguchi F. Protease-mediated enhancement of severe acute respiratory syndrome coronavirus infection. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2005;102(35):12543-7.
- 4 Perlman S, Netland J. Coronaviruses post-SARS: Update on replication and pathogenesis. *Nat Rev Microbiol*. 2009;7(6):439-50.
- 5 Li F, Li W, Farzan M, Harrison SC. Structural biology: Structure of SARS coronavirus spike receptor-binding domain complexed with receptor. *Science* (80- ). 2005;309(5742):1864-8.
- 6 Li W, Moore MJ, Vasilieva N, Sui J, Li et al. *Nature* 2003. 2003;426(NOVEMBER). Available from: [https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7095016/pdf/41586\\_2003\\_Article\\_BFnature02145.pdf](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7095016/pdf/41586_2003_Article_BFnature02145.pdf)
- 7 Wu A, Peng Y, Huang B, Ding X, Wang X, Niu P, et al. Genome Composition and Divergence of the Novel Coronavirus (2019-nCoV) Originating in China. *Cell Host Microbe*. 2020;27(3):325-8.
- 8 Shang J, Ye G, Shi K, Wan Y, Luo C, Aihara H, et al. Structural basis of receptor recognition by SARS-CoV-2. *Nature*. 2020;
- 9 Tai W, He L, Zhang X, Pu J, Voronin D, Jiang S, et al. Characterization of the receptor-binding domain (RBD) of 2019 novel coronavirus: implication for development of RBD protein as a viral attachment inhibitor and vaccine. *Cell Mol Immunol*. 2020;(March).
- 10 Shulla A, Heald-Sargent T, Subramanya G, Zhao J, Perlman S, Gallagher T. A. Transmembrane Serine Protease Is Linked to the Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus Receptor and Activates Virus Entry. *J Virol*. 2011;85(2):873-82.
- 11 Hoffmann M, Kleine-Weber H, Schroeder S, Krüger N, Herrler T, Erichsen S, et al. SARS-CoV-2 Cell Entry Depends on ACE2 and TMPRSS2 and Is Blocked by a Clinically Proven Protease Inhibitor. *Cell*. 2020;181(2):271-80.
- 12 Hoffmann M, Kleine-Weber H, Schroeder S, Krüger N, Herrler T, Erichsen S, et al. SARS-CoV-2 Cell Entry Depends on ACE2 and TMPRSS2 and Is Blocked by a Clinically Proven Protease Inhibitor. *Cell*. 2020;181(2):271-280.e8.
- 13 Wang H, Yang P, Liu K, Guo F, Zhang Y, Zhang G, et al. SARS coronavirus entry into host cells through a novel clathrin- and caveolae-independent endocytic pathway. *Cell Res*. 2008;18(2):290-301.
- 14 Wang S, Guo F, Liu K, Wang H, Rao S, Yang P, et al. Endocytosis of the receptor-binding domain of SARS-CoV spike protein together with virus receptor ACE2. *Virus Res*. 2008;136(1-2):8-15.
- 15 Chernomordik L, Kozlov M. Mechanics of membrane fusion. *Nat Struct Mol Biol* [Internet]. 2008 [cited 2013 Oct 8];15(7):675-83. Available from: <http://www.nature.com/nsmb/journal/v15/n7/abs/nsmb.1455.html>
- 16 Ou X, Liu Y, Lei X, Li P, Mi D, Ren L, et al. Characterization of spike glycoprotein of SARS-CoV-2 on virus entry and its immune cross-reactivity with SARS-CoV. *Nat Commun* [Internet]. 2020;11(1):1620. Available from: <http://dx.doi.org/10.1038/s41467-020-15562-9>
- 17 Freeman MC, Peek CT, Becker MM, Smith EC, Denison MR. Coronaviruses induce entry-independent, Continuous macropinocytosis. *MBio*. 2014;5(4):1-10.

---

# Ciencias Ambientales, Agroindustrias y de la Tierra

---

## Determinación simultánea de carotenoides y fenoles en subproductos agroalimentarios: Microextracción Líquido-Sólido Asistida por Ultrasonido optimizada por metodologías de diseño experimental

### *Simultaneous determination of carotenoids and phenols of carotenoids and phenolic compounds in agrifood by-products: Ultrasound-Assisted Microextraction Liquid-Solid optimized by experimental design methodologies*

Jofre, V. P.<sup>1,2</sup>; Assof, M. V.<sup>1,2</sup>; Vargas, E. V.<sup>3</sup>; Fanzone, M. L.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Universidad Juan Agustín Maza, Mendoza, Argentina.

<sup>2</sup>Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Estación Experimental Agropecuaria Mendoza, Laboratorio de Aromas y Sustancias Naturales. Luján de Cuyo, Mendoza, Argentina.

<sup>3</sup>Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina.

Contacto: jofre.viviana@inta.gob.ar

Dra. Viviana Jofre. Laboratorio de Aromas y Sustancias Naturales, Estación Experimental Agropecuaria Mendoza, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, San Martín 3853, Luján de Cuyo, Mendoza, CP-5507, Argentina. Teléfono 0261-4963020 Ext. 261.

**Palabras claves:** residuos, agroalimentos, compuestos bioactivos, microextracción asistida por ultrasonido, diseño experimental

**Keywords:** waste, agri-food, bioactive compounds, ultrasound-assisted microextraction, experimental design

#### Resumen

En el presente trabajo se desarrolló un nuevo método de microextracción líquido-sólido asistido por ultrasonido para determinar biocompuestos en subproductos agroalimentarios. El método analítico propuesto para extraer y preconcentrar simultáneamente carotenoides y fenoles totales de residuos agroindustriales permite evaluar, de forma rápida y económica, el contenido de compuestos bioactivos. Este índice es útil para añadir valor a los desechos producidos durante el procesamiento industrial de frutas y verduras. Los parámetros que afectan el rendimiento del proceso analítico (índice de polaridad de disolventes, modo de extracción, volumen de agua) se estudiaron utilizando la metodología «un factor por vez». Las condiciones operacionales de la metodología analítica y la optimización simultánea de múltiples respuestas se efectuaron empleando un diseño central compuesto y la función deseabilidad. Los resultados experimentales óptimos se lograron utilizando 20 mg de muestra, 2500 µL de etanol 96% (V/V), 700 µL de hexano, 12 minutos de tiempo de cavitación y 250 µL de agua. Las recuperaciones de los analitos fueron próximas al 98%, lo que evidenciaría la elevada precisión del método propuesto. El procedimiento desarrollado se aplicó exitosamente en la determinación de carotenoides y fenoles totales en diferentes subproductos agroalimentarios (orujos de uvas tintas, flores comestibles y pieles de tomate).

#### Abstract

*In the present work, a new method of liquid-solid microextraction assisted by ultrasound was developed to determine biocompounds in agrifood by-products. The analytical method proposed to simultaneously extract and pre-concentrate carotenoids and total phenols from agro-industrial residues enable us to evaluate, in a fast and economic way, the content of bioactive compounds. This index is useful for adding value to the waste produced during the industrial processing of fruits and vegetables. The parameters affecting the performance of the analytical process (solvent polarity index, extraction mode, water volume) were studied using the «one factor at time» methodology. The operational conditions of the analytical methodology and the simultaneous optimization of multiple responses were carried out using a composite central design and the desirability function. The optimal experimental results were achieved using 20 mg of sample, 2500 µL of ethanol 96% (V/V), 700 µL of hexane, 12 minutes of cavitation time, and 250 µL of water. The recoveries of the analytes were close to 98%, which would evidence the high precision of the proposed method. The developed procedure was successfully applied in the total carotenoids and total phenols determinations on different agrifood by-products (red grape pomaces, edible flowers, and tomato skins).*

## 1. Introducción

Las actividades agrícolas y agroindustriales generan elevados volúmenes de residuos, descartes y subproductos (RDS), que son partes inevitables de la cadena de elaboración y suministro de alimentos (1). Estos RDS no sólo son un problema económico y medioambiental, sino que también están asociados a las grandes pérdidas de alimentos a nivel mundial (2). Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura se desperdicia casi un tercio de los alimentos como consecuencia de los RDS generados (3); por ejemplo, en la cadena frutihortícola se producen casi un 30% de RDS previo al consumo (4). Sin embargo, los RDS pueden minimizarse y valorizarse mediante la aplicación de tecnologías adecuadas, para lo cual es necesario conocer su composición química (5). En los últimos años se han publicado diferentes trabajos científicos relacionados a la utilización de los RDS de las cadenas de cereales, oleaginosas, frutas, hortalizas, vitivinícolas, productos cárnicos, pesqueros y lácteos para la elaboración de nuevos alimentos para consumo humano o animal, la recuperación de compuestos y bioproductos, y la elaboración y uso de bioinsumos, entre otros (6-8).

Los subproductos agroindustriales son una gran fuente de compuestos activos de interés, como son los carotenoides (carotenos, xantofilas) y compuestos fenólicos (ácidos hidroxicinámicos, hidroxibenzoicos, flavanoles, flavonoles). Estos fitocompuestos exhiben propiedades beneficiosas para la salud como antialérgicos, antiinflamatorios, antimicrobianos, antioxidantes, antitrombóticos, cardioprotectores, vasodilatadores y previenen distintos tipos de cánceres (9-15).

Convencionalmente, los compuestos fenólicos y los carotenoides de subproductos frutihortícolas se recuperan mediante procesos extractivos laboriosos que requieren múltiples pasos operativos y que, además, emplean solventes tóxicos como cloroformo, diclorometano, acetona, etc. (9, 16). En los últimos años se han desarrollado tecnologías alternativas verdes sostenibles para la extracción de compuestos bioactivos empleando disolventes GRAS (*Generally Recognized As Safe*) como etanol, hexano, acetato de etilo, agua, etc. (17). Las tecnologías verdes, como las extracciones asistidas por ultrasonido, entre otras, han evidenciado ser excelentes herramientas para extraer los compuestos objetivo de los RDS, preservando sus propiedades funcionales (18).

El objetivo de este trabajo fue desarrollar y optimizar una metodología extractiva de un solo paso, simple y económica, empleando etanol y hexano (solventes GRAS) para extraer simultáneamente carotenoides y compuestos fenólicos de subproductos agroalimentarios.

## 2 Materiales y Métodos

### 2.1 Estándares, reactivos y muestras

Para este estudio se emplearon ácido gálico [149-21-7] (Aldrich, Darmstadt, Alemania),  $\beta$ -caroteno [7235-40-7] (Sigma, Steinheim, Alemania), etanol grado Lichrosolv (Merck, Darmstadt, Alemania), cloruro de sodio p.a. (Merck, Darmstadt, Alemania), hexano p.a. (Anedra, Buenos Aires, Argentina), etanol 96° (Innocenti, Mendoza, Argentina), carbonato de sodio p.a. (Anedra, Buenos Aires, Argentina), Reactivo Folin-Ciocalteu (Merck, Darmstadt, Alemania). El agua empleada fue agua ultrapura obtenida mediante el sistema RIO/Elix3-Sinergy185 purification system (Millipore, Sao Pablo, Brazil).

En la Bodega Experimental de la Estación Experimental Agropecuaria Mendoza (EEAMza) del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria se realizó la vinificación de uvas Malbec (cosecha 2019, Luján de Cuyo, Mendoza), siguiendo protocolos estándares para la variedad. Al terminar el proceso, con la finalidad de tener una muestra representativa, se extrajeron de forma aleatoria y a distintas alturas del depósito, 15 Kg de orujos. Esta muestra fue utilizada para realizar el desarrollo, optimización y validación de la metodología Microextracción Líquido-Sólido Asistida por Ultrasonido (USAMELS). La muestra fue dividida aleatoriamente en submuestras de 250 g (total 60 unidades) que se guardaron en bolsas plásticas, se rotularon y se mantuvieron en *freezer* (Ultrafreezer ScienTemp, Adrian, Miami, Estados Unidos) a  $-80^{\circ}\text{C}$  hasta su posterior uso.

Para evaluar la robustez de la metodología USAMELS se emplearon orujos de Malbec, Cabernet Sauvignon y Syrah de EEAMza, flores comestibles (conejo amarillo, conejo violeta, tagete y pensamiento azulado) cedidas por la Cátedra de Horticultura de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cuyo, y pieles de tomates peritas adquiridos en mercados locales. Los orujos, los pétalos de las flores comestibles y las pieles de tomate peritas (extraídas manualmente) se guardaron individualmente en bolsas plásticas, se rotularon y se mantuvieron en *freezer* a  $-80^{\circ}\text{C}$  hasta su posterior uso.

### 2.2 Procesamiento de las muestras, fase exploratoria y fase de optimización

Las muestras obtenidas en el apartado 2.1 se llevaron a temperatura ambiente, se pesaron y se deshidrataron en estufa de aire forzado (SanJor, Buenos Aires, Argentina) a  $60^{\circ}\text{C}$  durante 3 horas. Al finalizar el tratamiento de secado, cada una de las muestras fue pulverizada en un molino ultracentrífugo (Ultracentrifugal mil, ZM 200, Restch, Haan, Alemania) con tamiz de 1 mm. Los polvos obtenidos se guardaron en viales de 20 ml color caramelo con tapa a rosca, se rotularon y se conservaron en la oscuridad hasta su posterior uso.

## Artículo completo

## Ciencias Ambientales, Agroindustrias y de la Tierra

Los estudios extractivos de la fase exploratoria se realizaron por la metodología «un factor por vez» (OFAT, *One Factor At Time*) por quintuplicado. Para esto 15 mg de polvo de orujos se extrajeron con 2 mL de solvente de una determinada polaridad. La homogenización de las muestras se efectuó empleando un vortex (CK-Tech, Buenos Aires, Argentina). Posteriormente, para separar las fases, el sistema fue centrifugado a 2038×g (Centrífuga CM 4080 ROLCO, Rolco, Buenos Aires, Argentina) durante 5 minutos. Los estudios de la fase de optimización se realizaron aplicando metodologías quimiométricas (superficies de respuesta y función deseabilidad global). Los factores considerados en esta fase del estudio fueron: masa de muestra, índice de polaridad de solventes, tiempo de extracción o tiempo de cavitación y volumen de agua.

### 2.3 Procedimiento Microextracción Líquido-Sólido Asistida por Ultrasonido (USAMELS) y análisis cuantitativo

En un tubo de centrifuga cónico de vidrio de 15 mL (Corning, Sigma-Aldrich, Estados Unidos) se introdujeron 20 mg de polvo de muestra (apartado 2.2), 2500 µL de etanol 96% y 700 µL de hexano. El sistema fue homogeneizado en vortex durante 20 segundos y luego fue inmerso en el baño ultrasónico a 20°C±1 durante 12 minutos. Posteriormente, se adicionaron 250 µL de agua y 0.1 g de ClNa (sólido), se vorteoó 20 segundos, y se centrifugó 5 minutos a 4500 rpm (2038×g). Las fases orgánica y acuosa se extrajeron con jeringa Hamilton de 500 µL, y se conservaron en viales ámbar de 1,5 mL y 4 mL con tapa a rosca (Supelco, Merck, Darmstadt, Alemania). Los viales rotulados se mantuvieron a -20°C (Freezer horizontal Bosch HC55B, Bosch, San Pablo, Brasil) hasta su posterior uso. La cuantificación de fenoles totales se realizó según el procedimiento descrito por Tournour y col. (19), y la concentración obtenida se expresó en equivalentes de ácido gálico (mg.L<sup>-1</sup>). La cuantificación de carotenoides totales se determinó según la Ecuación 1.

#### Ecuación 1

$$A_{450} = 0.0155256 + 0.17228 \times C_{car}$$

Siendo  $A_{450}$  la absorbancia de la muestra medida a 450 nm y  $C_{car}$  la concentración total de carotenoides expresada en equivalentes de β-caroteno (mg.L<sup>-1</sup>).

### 2.4 Instrumentación y softwares

La determinación de peso de las muestras realizó en una balanza analítica (AND HR-200, A&D Engineering Inc., California, Estados Unidos). Para el proceso extractivo se utilizó un baño ultrasónico de 42 kHz y 100W con control de temperatura (Cole-Parmer, Vernon, IL, Estados Unidos). El volumen de la fase de extracción se midió con jeringas Hamilton de 100 µL y 500 µL (Reno, NV, Estados Unidos). Para eliminar el solvente empleado en los estudios de recuperación se utilizó un concentrador rotativo (Buchi, Estados Unidos), fijando la temperatura del baño a 30°C.

Los análisis espectrofotométricos fueron realizados en un Espectrofotómetro UV/Vis serie Lambda 25 (Perkin Elmer Instruments, Perkin Elmer Inc, Shelton, CT, Estados Unidos), usando cubetas de cuarzo (UV/VIS spectroscopy cells, Perkin Elmer Inc., Massachussets, Estados Unidos) y cubetas plásticas de volumen reducido (Deltalab, Buenos Aires, Argentina), ambas de 1cm de paso óptico. Los datos obtenidos fueron guardados en formato ASCII y transferidos a una computadora personal para los subsecuentes análisis en Design Expert version 7.1.0 (Stat-Ease Inc., MN, Estados Unidos) y Statgraphics Centurion xvi versión 6.1.11. (Stat Points, Techonologies Inc., Estados Unidos).

### 2.5 Métodos estadísticos

Para evaluar el efecto de las variables que afectan la eficiencia de la metodología USAMELS (masa de muestra, polaridad de solventes extractantes, tiempo de cavitación o tiempo de extracción y, volumen de agua) se empleó un diseño central compuesto que consistió en una matriz de diseño de 53 experimentos en 5 bloques. Este diseño se empleó para obtener los niveles óptimos de los factores para todas las señales de respuesta (carotenoides totales y fenoles totales) mediante la optimización de una función objetiva. Por último, para optimizar el análisis se emplearon criterios de respuesta múltiple utilizando la función de deseabilidad, según Jofré y col. (20). Además, en los estudios de recuperación, los datos fueron analizados mediante el análisis de la varianza (ANOVA), y para determinar las diferencias significativas entre los tratamientos se utilizó la prueba de Tuckey HSD (con un nivel de confianza del 95%). La homogeneidad de las varianzas se evaluó mediante la prueba de Levene ( $\alpha=0,05$ ).

## 3 Resultados

### 3.1 Elección del solvente y modo extractivo

Con la finalidad de seleccionar el solvente adecuado para extraer simultáneamente carotenoides y compuestos fenólicos de las muestras y seleccionar el modo de extracción (asistida por vortex o asistida por ultrasonido), en una fase exploratoria o de screening, se aplicó la metodología OFAT. Para esto, los solventes GRAS seleccionados fueron hexano, etanol 96% (V/V), de grado alimentario y farmacéutico, respectivamente, y agua. En la Tabla 1 se presentan los datos de las propiedades físicas

Artículo completo

Ciencias Ambientales, Agroindustrias y de la Tierra

de los solventes empleados en este estudio; y en la Tabla 2, los índices de polaridad ( $\epsilon_e$ ) determinados para las mezclas de solventes preparadas para desarrollar este estudio.

**Tabla 1:** Propiedades físicas de agua, etanol y hexano

Solvente	PF (°C)	PE (°C)	$D_{4^{20}}$ (mg/mL)	$\epsilon$	$\mu$ (Debye)	M
agua	0	100	0.998	80.10	1.82	0.1
etanol	-114	78	0.789	24.50	1.69	14
hexano	-95.15	68.85	0.654	1.89	0	29

PF, PE Puntos normales de fusión y de ebullición; D densidad;  $\epsilon$  constante dieléctrica;  $\mu$  momento dipolar; M índice de miscibilidad.

**Tabla 2:** Índices de polaridad de extractantes en función de su composición  
Con el objeto de seleccionar el modo de extracción (asistida por vortex, VE o asistida por ultrasonido, USAE) el proceso

Extractante	Composición del Extractante (mL)			$\epsilon_e$
	hexano	etanol 96%	agua	
A	10	0	0	1.89
B	6	4	0	11.82
C	3	7	0	19.27
D	0	10	0	26.72
E	0	7	3	42.74
F	0	4	6	58.75

$\epsilon_e$  índice de polaridad del extractante.

$$\epsilon_e = \sum_{i=1}^n x_i \times \epsilon_i \text{ donde, } x_i \text{ fracción molar del solvente, } \epsilon_i \text{ constante dieléctrica del solvente.}$$

extractivo se realizó empleando 2 mL del extractante C (Tabla 2) y realizaron 2 experiencias: a) extracción VE durante 5 minutos; b) extracción USAE durante 5 minutos. Los resultados estadísticos mostraron que no hubo diferencias significativas entre ambos modos de extracción ( $p > 0.05$ , test de Student,  $\alpha = 0.05$ ). La precisión, expresada como desviación estándar relativa porcentual (DER%), fue para carotenoides totales 5.14% USAE y 25.61% VE, y para fenoles totales 8.32% USAE y 14.35% VE.

**Optimización y validación de la metodología USAMELS**

3.2 Con el objeto de evaluar los factores que podrían afectar la eficiencia del proceso extractivo como masa de muestra ( $m_m$ , polvo de orujos Malbec), índice de polaridad de extractantes ( $\epsilon_e$ ), tiempo de extracción o tiempo de cavitación ( $t_c$ ) y volumen de agua ( $V_a$ ) se aplicó un diseño central compuesto (DCC, ortogonal y rotatable). Los intervalos de las variables fueron 10-20 mg para  $m_m$ , 10-22 para  $\epsilon_e$ , 5-12 minutos para  $t_c$  y 200-600  $\mu$ L para  $V_a$ , mientras que la masa de ClNa (0.1 g) se mantuvo constante en todos los experimentos. Para alcanzar el intervalo de  $\epsilon_e$ , los volúmenes de los solventes se incorporaron al diseño: 1100-2500  $\mu$ L para etanol 96% (V/V) y 700-2500  $\mu$ L para hexano. El DCC, constituido por 53 experimentos (Tabla Suplementaria 1), fue completamente aleatorizado para minimizar la variabilidad no explicada por factores no controlables, y se realizó en 5 bloques (5 días consecutivos) con el fin de eliminar las variaciones de algún factor externo no controlado durante el desarrollo del estudio. Las respuestas del diseño fueron las medidas espectrofotométricas de absorbancia a 320 nm (fenoles totales) y 450 nm (carotenoides totales).

A los datos experimentales obtenidos de la matriz del diseño central compuesto se les eliminaron los puntos extremos (*outliers*), mediante el análisis de la diferencia entre los valores de prueba ajustados (DFFITS). En este análisis se evaluó, mediante valores estandarizados, la influencia que cada punto experimental tuvo sobre el valor estimado, y puso en evidencia aquellos que ejercieron una influencia desproporcionada en el modelo. Una vez que los outliers fueron eliminados, los datos experimentales se ajustaron a través de modelos lineales. Los coeficientes del modelo se calcularon por regresión múltiple con eliminación por retroceso (*backward multiple regression*), aunque se mantuvieron los principales términos irrelevantes para ajustar los modelos jerárquicos. La validación se realizó mediante el análisis de la varianza (ANOVA) con un nivel de significancia estadístico del 95% ( $\alpha = 0.05$ ). En la Tabla 3 se presentan los resultados de ANOVA.

**Tabla 3:** Análisis de varianza de los modelos de regresión y de los coeficientes de los modelos de regresión

Artículo completo

Ciencias Ambientales, Agroindustrias y de la Tierra

<sup>a</sup> valor de probabilidad, significativo cuando  $p_v < 0.05$ .

Respuesta <sup>b</sup>	Modelo	$p_v^a$		$p_v^a$						
		modelo	LOF	A	B	C	D	E	AC	CE
A450	lineal	0.000	0.167	0.004	0.011	0.000	0.979	0.165		
A320	2FI	0.040	0.767	0.590	0.003	0.897	0.438	0.480	0.013	0.017

<sup>b</sup> A450 absorbancia a 450 nm (carotenoides totales), A320 absorbancia a 320 nm (fenoles totales).

LOF falta de ajuste del modelo.

Coefficientes (factores): A masa de muestra, B volumen de etanol 96%, C volumen de hexano, D tiempo de cavitación, E volumen de agua, AC y CE interacción entre factores.

Una vez obtenidos los modelos y los coeficientes de regresión, y con la finalidad de optimizar la metodología USAMELS desarrollada para la extracción simultánea de carotenoides y compuestos fenólicos se aplicó la función deseabilidad global. Los resultados de este estudio se presentan en la Figura 1.

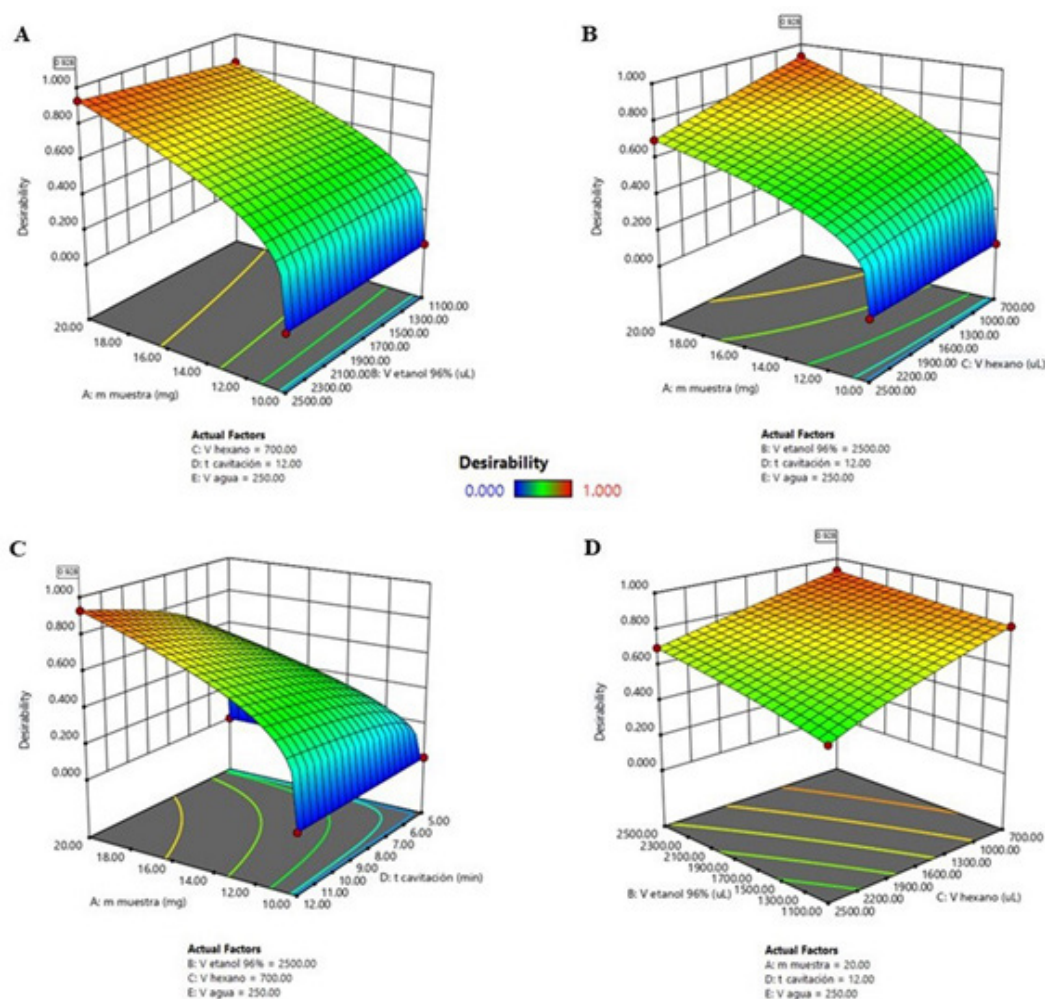


Figura 1: Superficies de respuesta correspondientes a la función deseabilidad en la optimización de la metodología USAMELS. A masa de muestra- volumen de etanol 96%, B masa de muestra-volumen de hexano, C masa de muestra-tiempo de cavitación, D volumen de etanol 96%-volumen de hexano.



Para evaluar el grado de recuperación de la metodología USAMELS se realizó un ensayo de recuperación estándar. Para esto, una muestra fue enriquecida con 3 niveles de  $\beta$ -caroteno (C1, 50  $\mu\text{g/g}$ ; C2, 100  $\mu\text{g/g}$ ; C3, 150  $\mu\text{g/g}$ ) y se aplicó el método extractivo desarrollado y optimizado. Estos estudios se realizaron en 5 réplicas diarias durante 5 días consecutivos. La repetibilidad (determinaciones intra-día) expresada como DER% para C1 fue 5.31%, 6.94%, 4.76%, 8.07% y 9.16%, en los días 1, 2, 3, 4 y 5, respectivamente; para C2, 3.26%, 2.81%, 3.85%, 2.91% y 2.61%, y para C3, 1.60%, 1.48%, 2.06%, 1.47% y 1.69%. La reproducibilidad (determinaciones inter-día) expresada como DER% fue 6.51%, 2.86% y 1.54% para C1, C2 y C3, respectivamente. La recuperación porcentual fue 97.22% para C1, 98.72% para C2 y 98.83% para C3.

### 3.3 Aplicación de la metodología USAMELS a diferentes subproductos agroalimentarios

En la Tabla 4 se presentan los resultados de la metodología de extracción/ preconcentración desarrollada, optimizada y validada que fue aplicada a diferentes muestras de subproductos agroalimentarios.

**Tabla 4:** Contenidos de carotenoides totales y fenoles totales en subproductos agroalimentarios

Subproducto	Muestra	CT	FT
orujos	Malbec	45.29 (5.45)	15.73 (8.16)
	Cabernet Sauvignon	48.32 (2.65)	16.38 (4.92)
	Syrah	43.16 (12.26)	17.88 (14.64)
flores comestibles	conejo amarillo	nd	17.79 (11.86)
	conejo violeta	6.47 (12.72)	16.83 (2.84)
	tagete	896.44 (8.09)	11.25 (10.02)
	pensamiento azulado	165.96 (4.35)	32.16 (4.53)
tomates	perita 1	286.45 (6.04)	2.90 (12.51)
	perita 2	256.92 (11.89)	3.45 (9.74)

Los valores presentados representan el promedio de 5 réplicas de análisis, entre paréntesis desviación estándar relativa porcentual; nd no detectado.

CT carotenoides totales expresados en  $\mu\text{g}$  de  $\beta$ -caroteno/g de muestra.

FT fenoles totales expresados en mg de ácido gálico/g de muestra.

## 4 Discusión

### 4.1 Elección del solvente y modo extractivo

Los carotenoides y los fenoles son compuestos presentes en el reino vegetal y cumplen funciones básicas e indispensables en el metabolismo y sanidad de las plantas (21). Estos fitoquímicos presentan tienen distintas estructuras químicas y polaridades, y presentan diferentes grados de solubilidad en agua (21-23). En general, para la extracción de compuestos polares se utilizan mezclas acuosas de metanol y acetona, mientras que para los menos polares suelen emplearse acetato de etilo, diclorometano, cloroformo, etc. (22, 23). Por otro lado, cuando se busca seleccionar un solvente para extraer analitos de una matriz dada, es necesario considerar los efectos estructurales (grupos hidrófilos y/o lipófilos) y eléctricos (momento dipolar, constante dieléctrica, fuerzas de Van Der Waals, de London, etc.). Esos efectos se encuentran interrelacionados y son los responsables de las interacciones soluto-solvente, por lo que deben ser considerados cuando se pretende desarrollar un método analítico extractivo (22-24). Así, con el objetivo de estimar el índice de polaridad ( $\epsilon_p$ ) de la mezcla de solventes (Tabla 2) para la extracción simultánea de los analitos se aplicó la metodología OFAT. Para evaluar la extracción de fenoles totales se efectuaron lecturas espectrofotométricas a 320 nm (25), y para carotenoides totales, a 450 nm (26). En esta fase de *screening*, se observó que el extractante A ( $\epsilon_p = 1.89$ ) únicamente extrajo los carotenoides de las muestras, mientras que los extractantes D, E y F ( $\epsilon_p = 26.72$ , 42.74 y 58.75, respectivamente), sólo extrajeron los compuestos fenólicos. En tanto que la extracción simultánea de carotenoides y compuestos fenólicos se logró mediante el empleo de los extractantes B ( $\epsilon_p = 11.82$ ) y C ( $\epsilon_p = 19.27$ ). Esto podría deberse a que, en estas mezclas, se favorecerían simultáneamente las interacciones polares y no polares con los compuestos fenólicos y los carotenoides, facilitando la extracción conjunta de los analitos de interés (27). Por lo tanto, los extractantes con índices de polaridad comprendidos en el intervalo de 11.82 a 19.27 fueron seleccionados para los estudios de optimización de la metodología.

Asimismo, con el objeto de evaluar si la eficiencia extractiva de los solventes seleccionados era afectada por el modo de contacto entre la fase sólida y la fase líquida, se estudiaron 2 modos de asistencia (VE, extracción por vorteo y USAE, extracción por ondas ultrasónicas). Los resultados mostraron que ambas metodologías fueron eficaces, pero el modo de extracción USAE

## Artículo completo

## Ciencias Ambientales, Agroindustrias y de la Tierra

presentó mayor precisión que VE. Esto podría deberse a que la aplicación de ondas ultrasónicas favorece la penetración de los disolventes en la matriz sólida, mejorando la transferencia de masa en general y optimizando la reproducibilidad del proceso extractivo (28). Asimismo, los resultados obtenidos de este estudio fueron coincidentes con los presentados por diversos autores en sus trabajos relacionados a la extracción de biocompuestos de distintos subproductos (29-33). En consecuencia, el modo de extracción USAE fue seleccionado para los posteriores estudios de optimización.

Por otro lado, considerando el elevado grado de miscibilidad entre hexano y etanol 96% ( $\Delta M=15$ ), y para lograr una adecuada separación de fases a fin de realizar los subsecuentes análisis cuantitativos, cuando el proceso extractivo fue completado se incorporó agua como tercer solvente. La adición de 200  $\mu\text{L}$  de agua fue suficiente para que  $\Delta M$  fuese superior a 17, límite mínimo necesario para que el sistema monofásico se transforme en un sistema bifásico (24). Por otro lado, también se añadió  $\text{ClNa}$  (s) con el objeto de modificar la fuerza iónica del medio y facilitar la separación de fases (20).

#### 4.2 Optimización y aplicación de la metodología USAMELS

Con la finalidad de establecer los valores exactos de los factores que afectan el proceso de extracción/preconcentración que generan los máximos valores de absorbancia de los analitos de interés, se aplicó un procedimiento de optimización. Los procedimientos de optimización sistemática se llevan a cabo seleccionando una función objetivo, encontrando los factores más importantes e investigando la relación entre las respuestas y los factores mediante la metodología de la superficie de respuesta (20, 34). En el estudio de validación de la metodología desarrollada se demostró que la extracción de carotenoides es afectada principalmente por la cantidad de muestra y por el índice de polaridad de la mezcla de solventes; en tanto que la extracción de los compuestos fenólicos, por la interacción de los factores masa de muestra-volumen de hexano y volumen de hexano-volumen de agua (Tabla 3).

Posteriormente, para la optimización del proceso de extracción/preconcentración desarrollado, se aplicó la función deseabilidad global (D). En su aplicación se crea una función para cada respuesta individual y luego se obtiene la función deseabilidad global, la cual debe ser maximizada eligiendo las mejores condiciones de las variables diseñadas. Esta función varía entre el valor 0 (no se extraen los analitos) y el valor 1 (la extracción/preconcentración simultánea de los analitos es equivalente al 100%) (35). De esta forma, para la optimización de la metodología USAMELS, se seleccionaron las 2 variables respuestas (carotenoides totales y fenoles totales) y se propuso como criterios maximizar las absorbancias a 320 nm y 450 nm, y que los factores adquirieran valores óptimos en los intervalos propios de cada variable. Bajo dichos criterios de optimización, las condiciones experimentales que correspondieron al valor máximo de la función deseabilidad ( $D = 0.928$ ) fueron: 20 mg de  $m_m$ , 21.29 de  $\epsilon_e$  (700  $\mu\text{L}$  hexano + 2500  $\mu\text{L}$  etanol 96%), 12 min de  $t_c$  y 250  $\mu\text{L}$  de agua (Figura 1).

La metodología USAMELS optimizada, que presentó adecuados valores de repetitividad, repetibilidad y recuperación fue aplicada a diferentes muestras de subproductos agroalimentarios (Tabla 4). Los contenidos de carotenoides totales y fenoles totales en flores comestibles y en pieles de tomates fueron similares a los reportados por otros autores (36-39). Asimismo, las concentraciones de carotenoides totales y fenoles totales en orujos fueron similares a los encontrados en diversos subproductos vitivinícolas de distintas variedades (40-42). Además, los valores de desviación estándar relativa porcentual fueron inferiores al 15% para los parámetros evaluados en las diferentes matrices. Esto evidenciaría que la metodología desarrollada es robusta y sería adecuada para aplicarla en la determinación de compuestos bioactivos en distintos subproductos agroalimentarios (43).

#### 5 Conclusiones

La Microextracción Líquido-Sólido Asistida por Ultrasonido es una metodología simple, eficiente y selectiva para extraer, pre-concentrar y determinar carotenoides y compuestos fenólicos en muestras de subproductos agroalimentarios. Esta metodología se caracteriza por efectuarse en un solo paso operativo, por el empleo de volúmenes reducidos de solventes no tóxicos ni contaminantes del medio ambiente, por su corto tiempo de análisis y por su bajo costo. La estrategia de optimización multivariante empleada (metodología de respuesta de la superficie combinada con la función deseabilidad) permitió determinar las condiciones óptimas de USAMELS. Asimismo, la metodología USAMELS es precisa, reproducible y robusta.

#### Conflictos de interés

Los autores declaran que no tienen conflictos de interés.

#### Agradecimientos

Los autores agradecen a UMaza (Proyecto I+D-2019, Valorización de subproductos vitivinícolas: caracterización de compuestos bioactivos y propiedades funcionales) y a INTA (Proyectos PE150, PDI152 y PDI153) por proveer los fondos para la realización de este estudio. También los autores agradecen a CONICET por la beca doctoral de Eliana Vargas, y a Patricia Occhiuto de la Cátedra de Horticultura de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cuyo por proveer las flores comestibles empleadas en este trabajo.

## Referencias

1. INTA. Pérdida y desperdicio. Estrategias para salvar el tercio de alimentos que se desaprovechan en el mundo. *Rev Investig Agropecu.* 2013;39.
2. Kumm M, de Moel H, Porkka M, Siebert S, Varis O, Ward PJ. Lost food, wasted resources: Global food supply chain losses and their impacts on freshwater, cropland, and fertiliser use. *Sci Total Environ* [Internet]. 2012;438(September):477-89. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2012.08.092>
3. FAO. Global Food Losses and Food Waste: Extent, Causes and Prevention, Rome: *Food and Agriculture Organisation of the United Nations* [Internet]. Vol. 365, Save Food. 2011. Available from: <http://rstb.royalsocietypublishing.org/cgi/doi/10.1098/rstb.2010.0126>
4. Kader AA. Increasing food availability by reducing postharvest losses of fresh produce. *Acta Hort.* 2005;682:2169-76.
5. Cicatiello C, Franco S, Pancino B, Blasi E. The value of food waste: An exploratory study on retailing. *J Retail Consum Serv* [Internet]. 2016;30:96-104. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jretconser.2016.01.004>
6. Galanakis CM. *Handbook of grape processing by-products : sustainable solutions*. Cap 9 Bioaccessibility and bioavailability [Internet]. 2017. 309 p. Available from: <http://www.sciencedirect.com/science/book/9780128098707>
7. Galanakis CM. Food Waste Recovery: Processing Technologies and Industrial Techniques. *Food Waste Recovery: Processing Technologies and Industrial Techniques*. 2015. 1-392 p.
8. Roselló-Soto E, Galanakis CM, Brnčić M, Orlie V, Trujillo FJ, Mawson R, et al. Clean recovery of antioxidant compounds from plant foods, by-products and algae assisted by ultrasounds processing. Modeling approaches to optimize processing conditions. *Trends Food Sci Technol.* 2015;42(2):134-49.
9. Beres C, Costa GNS, Cabezudo I, da Silva-James NK, Teles ASC, Cruz APG, et al. Towards integral utilization of grape pomace from winemaking process: A review. *Waste Manag* [Internet]. 2017;68:581-94. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2017.07.017>
10. Singh A, Ahmad S, Ahmad A. Green extraction methods and environmental applications of carotenoids-a review. *RSC Adv* [Internet]. 2015;5(77):62358-93. Available from: <http://dx.doi.org/10.1039/C5RA10243J>
11. Ky I, Crozier A, Cros G, Teissedre P. Polyphenols composition of wine and grape sub-products and potential effects on chronic diseases. *Nutr Aging.* 2014;2(December 2016):165-77.
12. Ky I, Lorrain B, Kolbas N, Crozier A, Teissedre PL. Wine by-Products: Phenolic characterization and antioxidant activity evaluation of grapes and grape pomaces from six different French grape varieties. *Molecules.* 2014;19(1):482-506.
13. Boussetta N, Vorobiev E, Le LH, Cordin-Falcimaigne A, Lanoisellé JL. Application of electrical treatments in alcoholic solvent for polyphenols extraction from grape seeds. *LWT - Food Sci Technol.* 2012;46(1):127-34.
14. Haminiuk CWI, Maciel GM, Plata-Oviedo MSV, Peralta RM. Phenolic compounds in fruits - an overview. *Int J Food Sci Technol.* 2012;47(10):2023-44.
15. Irwandi Jaswir. Carotenoids: Sources, medicinal properties and their application in food and nutraceutical industry. *J Med Plants Res* [Internet]. 2011;5(33). Available from: [http://www.academicjournals.org/JMPR/abstracts/abstracts/abstracts2011/December Special Review/Jaswir et al.htm](http://www.academicjournals.org/JMPR/abstracts/abstracts/abstracts2011/December%20Special%20Review/Jaswir%20et%20al.htm)
16. Schieber A. Side Streams of Plant Food Processing As a Source of Valuable Compounds: Selected Examples. *Annu Rev Food Sci Technol* [Internet]. 2017;8(1):97-112. Available from: <http://www.annualreviews.org/doi/10.1146/annurev-food-030216-030135>
17. Aguda R, Chen C-C. Solubility of Nutraceutical Compounds in Generally Recognized as Safe Solvents at 298 K. *Int J Chem Eng Appl.* 2016;7(5):289-94.
18. Barba FJ, Zhu Z, Koubaa M, Sant'Ana AS, Orlie V. Green alternative methods for the extraction of antioxidant bioactive compounds from winery wastes and by-products: A review. *Trends Food Sci Technol* [Internet]. 2016;49:96-109. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.tifs.2016.01.006>
19. Tournour HH, Segundo MA, Magalhães LM, Barreiros L, Queiroz J, Cunha LM. Valorization of grape pomace: Extraction of bioactive phenolics with antioxidant properties. *Ind Crops Prod* [Internet]. 2015;74:397-406. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.05.055>
20. Jofré VP, Assof M V., Fanzone ML, Goicoechea HC, Martínez LD, Silva MF. Optimization of ultrasound assisted-emulsification-dispersive liquid-liquid microextraction by experimental design methodologies for the determination of sulfur compounds in wines by gas chromatography-mass spectrometry. *Anal Chim Acta.* 2010;683(1):126-35.
21. Delgado-Vargas F, Jiménez AR, Paredes-López O, Francis FJ. Natural pigments: Carotenoids, anthocyanins, and betalains - Characteristics, biosynthesis, processing, and stability. Vol. 40, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2000. 173-289 p.
22. White B, Rice L, Howard LR. The Procedure, Principle, and Instrumentation of Antioxidant Phytochemical Analysis. *Analysis of Antioxidant-Rich Phytochemicals*. 2012. 25-68 p.
23. Kopec RE, Cooperstone JL, Cichon MJ, Schwartz SJ. Analysis Methods of Carotenoids. *Analysis of Antioxidant-Rich Phytochemicals*. 2012. 105-148 p.
24. Y. Marcus. The Properties of Solvents. Fogg PGT, editor. *The Properties of Solvents*. VOL.4. John Wiley & Sons Ltd; 1998. 238 p.

## Artículo completo

## Ciencias Ambientales, Agroindustrias y de la Tierra

25. Somers TC, Ziemelis G. Spectral evaluation of total phenolic components in *Vitis vinifera*: Grapes and wines. *J Sci Food Agric*. 1985;36(12):1275-84.
26. Rodríguez D. *A Guide to Carotenoid Analysis in Foods*. Life Sciences. ILSI Press; 2001. 64 p.
27. Stefanis E, Panayiotou C. Prediction of Hansen solubility parameters with a new group-contribution method. *Int J Thermophys*. 2008;29(2):568-85.
28. Priego-Capote F, De La Torre MDPD. Accelerated liquid extraction. In: Prado MAR and JM, editor. RSC Green Chemistry. *The Royal Society of Chemistry*; 2013. p. 157-95.
29. Minjares-Fuentes R, Femenia A, Garau MC, Candelas-Cadillo MG, Simal S, Rosselló C. Ultrasound-assisted extraction of hemicelluloses from grape pomace using response surface methodology. *Carbohydr Polym* [Internet]. 2016;138:180-91. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.carbpol.2014.02.013>
30. Pradal D, Vauchel P, Decossin S, Dhulster P, Dimitrov K. Kinetics of ultrasound-assisted extraction of antioxidant polyphenols from food by-products: Extraction and energy consumption optimization. *Ultrason Sonochem* [Internet]. 2016;32:137-46. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ultsonch.2016.03.001>
31. Alzate LM, González D, Londoño Londoño J. *Recovery of carotenoids from agroindustrial byproducts using clean extraction techniques: Supercritical fluid extraction and ultrasound assisted extraction*. Recover Carotenoids From Agroindustrial By-Prod Using Clean Extr Tech Supercrit Fluid Extr Ultrasound Assist Extr. 2013;1-7.
32. Naziri E, Mantzouridou F, Tsimidou MZ. Recovery of squalene from wine lees using ultrasound assisted extraction-A feasibility study. *J Agric Food Chem*. 2012;60(36):9195-201.
33. Vilkuh K, Mawson R, Simons L, Bates D. Applications and opportunities for ultrasound assisted extraction in the food industry - A review. *Innov Food Sci Emerg Technol*. 2008;9(2):161-9.
34. Vera-Candioti L, Gil Garcia MD, Martinez Galera M, Goicoechea HC. Chemometric assisted solid-phase microextraction for the determination of anti-inflammatory and antiepileptic drugs in river water by liquid chromatography-diode array detection. *J Chromatogr A* [Internet]. 2008;1211(1-2):22-32. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18950779>
35. Lee DH, Jeong IJ, Kim KJ. A desirability function method for optimizing mean and variability of multiple responses using a posterior preference articulation approach. *Qual Reliab Eng Int*. 2018;34(3):360-76.
36. Lopez-Araujo C. *Evaluación de la extracción de carotenoides del tomate y pimiento morrón anaranjado utilizando surfactantes*. Tesis. Universidad Tecnológica del Mar y la Sierra. Mexico.; 2016.
37. Arellano-Corral CA. *Extracción de luteína a partir de flores de tagete (*Tagete erecta*) y estabilización por microencapsulación*. [Internet]. Universidad de Chile. Tesis; 2011. Available from: [http://www.tesis.uchile.cl/tesis/uchile/2011/qf-arellano\\_ca/pdfAmont/qf-arellano\\_ca.pdf](http://www.tesis.uchile.cl/tesis/uchile/2011/qf-arellano_ca/pdfAmont/qf-arellano_ca.pdf)
38. Candelas M, Alanis M, Olague F. Lycopene measurement and other carotenoids in tomato and tomato powder. *Rev Mex Agro-negocios*. 2006;X(19):2-12.
39. Toor RK, Savage GP, Lister CE. Seasonal variations in the antioxidant composition of greenhouse grown tomatoes. *J Food Compos Anal*. 2006;19(1):1-10.
40. Ferreyra SG, Antonioli A, Bottini R, Fontana A. Bioactive compounds and total antioxidant capacity of cane residues from different grape varieties. *J Sci Food Agric*. 2020;100(1):376-83.
41. Derradji-Benmeziane F, Djamai R, Cadot Y. Antioxidant capacity, total phenolic, carotenoid, and Vitamin C contents of five table grape varieties from Algeria and their correlations. *J Int des Sci la Vigne du Vin*. 2014;48(2):153-62.
42. Zúñiga C. *Caracterización de fibra dietaria en orujo y capacidad antioxidante en vino, hollejo y semilla de uva*. Universidad de Chile. Tesis. 2005.
43. Anderson R.; Bramley R; Clarke D. and Lillsunde P. *Directrices para la validación de métodos analíticos y la calibración del equipo utilizado para el análisis de drogas ilícitas en materiales incautados y especímenes biológicos*. Oficina de las Naciones Unidas Contra la Droga y el Delito. [Internet]. ONU, Viena; 2010. 76 p. Available from: [https://www.unodc.org/documents/scientific/Validation\\_Manual\\_STNAR41\\_Ebook\\_S.pdf?fbclid=IwAR3IIYZJRWgHNgrmgWBzd63n1XQAio96gn2fXvqwB3K8t3h8ppBs3c3BNtU](https://www.unodc.org/documents/scientific/Validation_Manual_STNAR41_Ebook_S.pdf?fbclid=IwAR3IIYZJRWgHNgrmgWBzd63n1XQAio96gn2fXvqwB3K8t3h8ppBs3c3BNtU)

## Estimación rápida de desplazamientos co-sísmicos mediante estaciones de Posicionamiento Satelital Global. Comparación con interferometría de radar

### *Quick estimation of co-seismic displacements with Global Navigation Satellite Systems. Comparison with radar interferometry*

Camisay, María Fernanda<sup>1,2</sup>; Rosell, Patricia Alejandra<sup>1,2,3</sup>; Mackern, María Virginia<sup>1,2,3</sup>; Mateo, María Laura<sup>1,2</sup>; Weidmann, Tomás<sup>1</sup>; Gonzalez Romo, Agustín<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidad Juan Agustín Maza. Facultad de Ingeniería. Mendoza. Argentina.

<sup>2</sup> Universidad Nacional de Cuyo. Facultad de Ingeniería. Mendoza. Argentina.

<sup>3</sup> Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). Argentina.

Contacto: fernandacamisay@gmail.com

Autor de correspondencia: Camisay, María Fernanda

Teléfono: 261 3361942

Dirección postal: Paso de Los Andes 271, Ciudad, Mendoza, Argentina

Palabras claves: GNSS, PPP, Desplazamientos co-sísmicos, UNAVCO, DinSAR

Keywords: GNSS, PPP, co-seismic displacements, UNAVCO, DinSAR

#### Resumen

Los sistemas de posicionamiento satelital, conocidos por la sigla GNSS (*Global Navigation Satellite Systems*), se han convertido en la técnica geodésica de densificación por excelencia. Sus posibilidades tanto técnicas como económicas y de instalación han permitido aumentar considerablemente la cantidad de puntos sobre la Tierra. Por otro lado, el análisis periódico de estas posiciones permite detectar deformaciones sobre la corteza en una zona determinada.

En este trabajo se presenta una metodología para estimar de manera rápida los desplazamientos producidos por eventos sísmicos, registrados por estaciones GNSS. Se toma como elemento de análisis el terremoto ocurrido en California el 6 de julio de 2019, de magnitud 7,1. Se cuantifican los desplazamientos observados en 5 estaciones GNSS ubicadas en un radio de 45 km del epicentro, mediante la técnica de Posicionamiento Puntual Preciso.

Los resultados obtenidos se comparan con las series de coordenadas diarias de UNAVCO (University NAVSTAR Consortium Inc.) y con los desplazamientos calculados utilizando la técnica DinSAR (*Differential Interferometric Synthetic Aperture Radar*).

Se concluye que la metodología propuesta, aplicada a observaciones de alta frecuencia, proporciona una evaluación rápida y eficiente de los desplazamientos co-sísmicos.

#### Abstract

*Satellite positioning systems, known by the acronym GNSS (Global Navigation Satellite Systems), have become the best geodetic densification technique. Its technical, economic and installation possibilities have increased the number of points on the Earth's crust. On the other hand, the periodic analysis of these positions allows detecting crust deformations in a certain area.*

*This paper presents a quickly estimation of seismic displacements methodology, recorded by GNSS stations. The 2019 July 6th, California earthquake is taken as an element of analysis, with a magnitude of 7.1 and 8 km deep. The displacements observed in 5 GNSS stations located within a radius of 45 km from the epicenter have been quantified, using the Precise Point Positioning technique.*

*The results are compared with the UNAVCO (University NAVSTAR Consortium Inc.) daily coordinate series and with the DinSAR (Differential Interferometric Synthetic Aperture Radar) technique.*

*It is concluded that the proposed methodology, with high frequency GNSS observations, provide a fast and efficient evaluation of the co-seismic displacements.*

## Artículo completo

## Ciencias Ambientales, Agroindustrias y de la Tierra

### Introducción

Los sistemas de posicionamiento satelital, conocidos por la sigla GNSS (*Global Navigation Satellite Systems*), se han convertido en la técnica geodésica de densificación por excelencia. Sus posibilidades tanto técnicas como económicas y de instalación han permitido aumentar considerablemente la cantidad de puntos sobre la corteza de la Tierra.

A partir de estaciones GNSS de observación continuas es posible monitorear el comportamiento de las coordenadas para una serie de tiempo, permitiendo estimar los desplazamientos que experimenta el punto que materializa dicha estación. El análisis periódico de estas posiciones permite detectar deformaciones sobre la corteza en una zona determinada. Luego, al contar con posiciones periódicamente y/o continuas, puede realizarse un seguimiento de la deformación cortical, la que puede ser modelada a partir de las velocidades de desplazamiento conocidas [Mateo, 2011].

Existen numerosos antecedentes de la utilización de redes de estaciones GNSS permanentes en aplicaciones geodinámicas, como por ejemplo el monitoreo sísmico [Geng *et al.*, 2016; Kouba, 2003], la estimación de desplazamientos co-sísmicos [Allen and Ziv, 2011; Larson *et al.*, 2003], y su contribución a la localización de epicentros, fallas y estimaciones de mecanismos focales [Hohensinn *et al.*, 2018; Melgar *et al.*, 2015].

En la actualidad, Japón es uno de los países con mayor avance en esta temática. Posee una red muy densificada donde se combinan estaciones sismológicas y GNSS. En el Sismo Chuetsu-Niigata ocurrido en 2007 de magnitud 6.5, se han podido observar desplazamientos de hasta 40 cm en estaciones ubicadas a 20 km del epicentro [Larson, 2009]. Se observó también que el desplazamiento de la estación GNSS receptora no sólo está en función de la cercanía al epicentro, sino que también influye el acimut respecto a la dirección de ruptura. Si bien la sismología con GNSS es menos precisa que los instrumentos de movimiento fuerte (*strong motion*), se ha demostrado que puede medir con mayor precisión los desplazamientos producidos por grandes terremotos [Emore *et al.*, 2007].

En California también se han realizado estudios comparativos con redes GNSS en tiempo real y acelerómetros, donde se observa un muy buen acuerdo en fase y amplitud para las componentes horizontales, pero no así en la componente vertical [Allen and Ziv, 2011]. Sin embargo, la comparación de desplazamientos estimados por ambas técnicas es muy similar, sumado a que la técnica GNSS permite registrar grandes desplazamientos imposibles de detectar con instrumentos sísmicos de banda ancha donde se produce la saturación [Larson *et al.*, 2003].

En Argentina no se han observado antecedentes de la utilización de redes combinadas GNSS y sismológicas. El organismo encargado de la prevención y registro sísmico es el INPRES (Instituto Nacional de Prevención Sísmica). Sin embargo, los datos registrados por las estaciones INPRES no son de libre acceso, con lo cual no se pueden realizar estudios posteriores, implementar algoritmos de cálculo ni análisis de sismicidad local a partir de dichas estaciones. Por este motivo se realizó una búsqueda de eventos sísmicos en zonas donde fuese posible disponer de datos GNSS y sismológicos de libre acceso.

En la gran mayoría de estaciones GNSS instaladas con fines de georreferenciación, el intervalo de muestreo es 15 o 30 segundos, en zonas urbanas suelen estar configurados a 5 segundos. Con tales intervalos se han obtenido aportes muy significativos para el estudio de los sismos, sin embargo, es posible obtener mayor información sobre la llegada de las ondas y los movimientos durante el sismo, registrando observaciones con mayor frecuencia. Luego, los sistemas GNSS podrían mejorarse para aplicaciones sísmicas si sus frecuencias de muestreo aumentaran de 1 a 10 Hz [Larson, 2009].

Por otro lado, la técnica DinSAR (*Differential Interferometric Synthetic Aperture Radar*), también se utiliza en el análisis de deformaciones producidas por sismos. Es una técnica basada en la combinación de imágenes de Radar de Apertura Sintética (SAR, por sus siglas en inglés) con el principio físico de la interferencia de señales. Los SAR son sensores activos de visión lateral. La generación de una imagen se hace por medio de la recepción de energía electromagnética que es emitida desde el sensor. Esta interacciona con los elementos de la superficie terrestre y sólo una parte de ella regresa. Este eco está caracterizado por un valor de amplitud y frecuencia. La amplitud depende de las características dieléctricas del suelo, así como de la distribución y características de los elementos que se encuentran sobre él. La fase contiene información relativa a la distancia entre el suelo y el sensor. Si entre dos fechas distintas se generó algún desplazamiento del terreno, éste puede calcularse mediante la diferencia de fase entre la imagen anterior y la posterior al evento [Hanssen, 2002]. Como resultado, se obtiene una imagen llamada «interferograma diferencial» la cual contiene diferencias de altura, pixel a pixel, a lo largo de un área de estudio y con respecto a un píxel de referencia. Estos cambios pueden deberse a desplazamientos generados por terremotos, deslizamientos en laderas, subsidencias o solevamientos en pozos de petróleo, acuíferos o volcanes, entre otros [Chlieh *et al.*, 2011; Lau *et al.*, 2018; Pepe *et al.*, 2016; Rongier *et al.*, 2019; Schmidt & Bürgmann, 2003].

En este trabajo se seleccionó el terremoto ocurrido en Ridgecrest California, el 6 de julio de 2019, de magnitud 7,1 a 8 km de profundidad. Este sismo, ocurrió 34 horas después de otro evento en la misma región de una magnitud menor (6,4). Estos sismos han sido estudiados por numerosos autores, y se ha demostrado el gran aporte de las redes GNSS en la estimación de velocidades y desplazamientos co-sísmicos [Floyd *et al.* 2020]. Así mismo [Hodgkinson *et al.*, 2020] presentan la utilización de desplazamientos GNSS estimados a tiempo real, en el cálculo de magnitudes de momento ( $M_w$ ). El desempeño durante los terremotos de Ridgecrest de las redes GNSS a tiempo real, es una fuerte evidencia de la viabilidad y utilidad de estas estaciones como herramienta de monitorización [Melgar *et al.*, 2019].

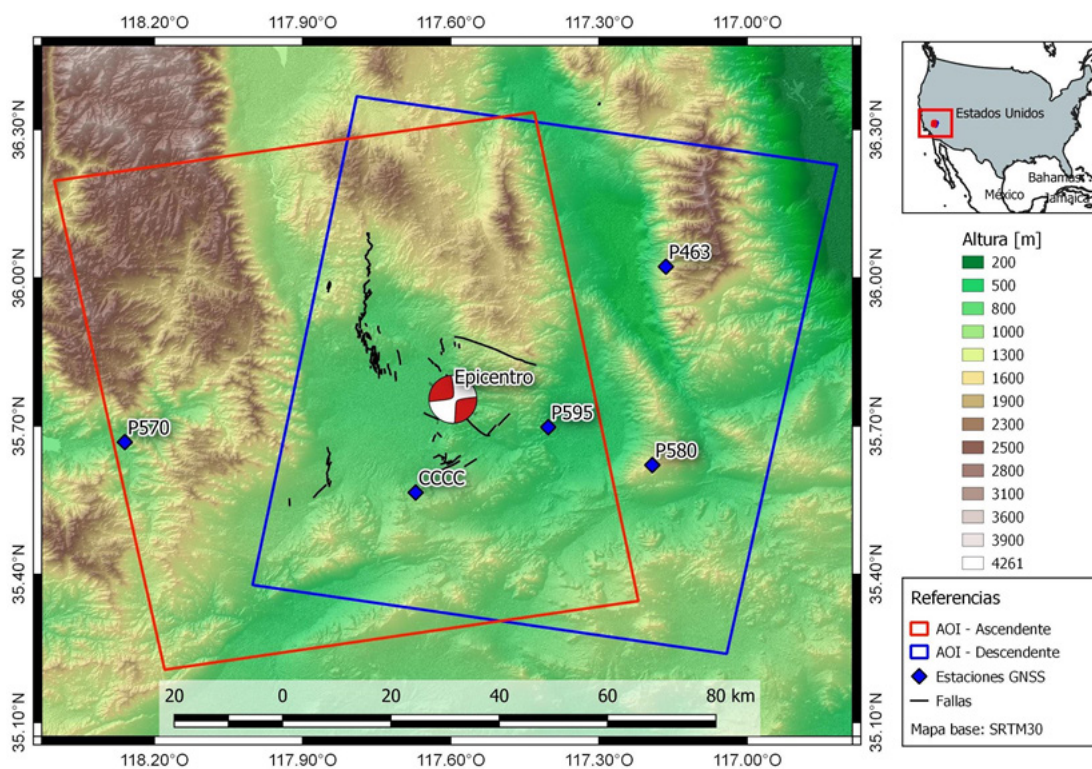
El objetivo principal o contribución de esta investigación, fue implementar y evaluar un algoritmo de cálculo, desarrollado para estimar el desplazamiento resultante o co-sísmico en cada estación GNSS, de manera rápida y pasible de ser aplicado a tiempo real. Se han cuantificado los desplazamientos observados en 5 estaciones GNSS ubicadas en un radio de 45 km del epicentro. Los resultados obtenidos se compararon con las series de coordenadas diarias de UNAVCO (University NAVSTAR Consortium Inc.) y con los desplazamientos calculados utilizando la técnica DinSAR (*Differential Interferometric Synthetic Aperture Radar*).

**Materiales y métodos**

**Datos GNSS y procesamiento rápido de coordenadas**

Como se mencionó, se seleccionó para este estudio el terremoto ocurrido en California, el 6 de julio de 2019, a las 3:19:53 (hora UTC). Se eligió este evento por su importante magnitud y por contar con datos disponibles tanto de estaciones GNSS con registro de alta frecuencia (*high-rate*), como de estaciones sismológicas. Se utilizaron 5 estaciones GNSS permanentes ubicadas en las cercanías del epicentro (Figura 1). Sus observaciones se descargaron del servidor de UNAVCO [ftp://data-out.unavco.org/pub/highrate/].

Se procesaron mediante la técnica de Posicionamiento Puntual Preciso (PPP) [Zumberge *et al.*, 1997], 3 horas de observación con intervalos de registro de 5 Hz (0,2 segundos), desde las 2 a las 5 hs UTC, lo cual permitió obtener para cada estación sus coordenadas (en sus tres componentes) para cada observación. El procesamiento se realizó con el servicio *on-line* canadiense de PPP, CSRS-PPP [https://webapp.geod.nrcan.gc.ca/geod/tools-outils/ppp.php].



**Figura 1:** Sismo California (6/7/2019). Ubicación del epicentro, estaciones GNSS utilizadas y áreas de interés de cada órbita Din SAR (ascendente en rojo, descendente en azul).

### Cálculo de desplazamientos co-sísmicos

A partir de las coordenadas estimadas con PPP, se calcularon en un sistema horizontal geodésico, con respecto a la coordenada de control de cada estación (IGS08), los desplazamientos en las tres componentes (Norte, Este y Altura o *Up*). Observando los desplazamientos en las coordenadas, fue posible identificar en cada estación la amplitud máxima del movimiento producido por el sismo y cuantificar la deformación co-sísmica resultante (Figuras 3 a 6).

Luego se aplicó un algoritmo de cálculo desarrollado para la detección rápida de desplazamientos resultantes (DR) producidos por eventos sísmicos. El programa, desarrollado en Matlab, determina el mayor desplazamiento registrado (entre épocas sucesivas). Calcula un promedio de las posiciones previas y el promedio de las posiciones posteriores a este «salto o discontinuidad». Luego de la diferencia entre ambas posiciones promediadas (previa y posterior), calcula el desplazamiento resultante en cada estación, producto del evento. En esta experiencia, se consideraron 2 minutos previos y posteriores al mayor desplazamiento detectado por el programa, para el cálculo de los promedios.

El resultado del algoritmo es un archivo de texto (ASCII) que contiene los desplazamientos en las tres coordenadas para cada estación analizada. La Figura 2 esquematiza el procedimiento para obtener estos desplazamientos resultantes (DR), desde el archivo de observaciones GNSS en formato estándar RINEX.

Figura 2: Procedimiento para obtener desplazamientos resultantes (DR) en estaciones GNSS.



Los DR fueron comparados con los desplazamientos N,E,*Up* obtenidos de las soluciones diarias de UNAVCO y con los desplazamientos estimados por DinSAR.

### Variación de coordenadas determinadas por UNAVCO (*University NAVSTAR Consortium Inc.*)

Como se mencionó las estaciones GNSS utilizadas pertenecen a la red NOTA (*Network of the Americas*) gestionada por UNAVCO [<https://www.unavco.org/>]. Dichas estaciones son procesadas por los centros de análisis de datos que conforman el proyecto GAGE (*Geodesy Advancing Geosciences and EarthScope*) y se dispone diariamente de la solución de coordenadas de todas las estaciones de la red [<ftp://dataout.unavco.org/pub/products/positions>]

La solución diaria es el resultado de una combinación de dos soluciones independientes: una se basa en el Posicionamiento Puntual Preciso, producido con el software GYPSI/OASIS en la Universidad Central de Washington (CWU) y la otra es una solución de red a partir de postprocesamiento de dobles diferencias, realizada con el software GAMIT, en el Instituto de Minería de Nuevo México y Tecnología (NMT). Ambas soluciones son generadas a partir de productos rápidos del IGS (efemérides, parámetros de orientación y relojes satelitales), razón por la cual tienen una latencia de aproximadamente 24 hs [Herring *et al.*, 2016].

Las coordenadas diarias de las 5 estaciones GNSS fueron extraídas de la solución final del centro de análisis CWU, referidas al marco de referencia ITRF2014. Se realizó el cálculo de los desplazamientos producidos por el terremoto, considerando en cada punto las coordenadas promedio de dos días previos al sismo y dos días posteriores (Tabla 1).



Tabla 1: Coordenadas previas y posteriores al sismo de California (Fuente: coordenadas diarias ssss.cwu.final\_igs14.pos, publicadas por UNAVCO).

Estación	Xprevio	Yprevio	Zprevio	Xpost	Ypost	Zpost
P463	-2358354.976	-4595829.857	3730988.422	-2358354.966	-4595829.883	3730988.405
P570	-2456509.110	-4569864.795	3698741.092	-2456509.147	-4569864.770	3698741.090
CCCC	-2412475.997	-4600711.919	3689538.417	-2412475.992	-4600711.787	3689538.593
P580	-2372609.840	-4618139.918	3695056.938	-2372609.660	-4618140.018	3695056.913
P595	-2386904.674	-4604247.818	3701367.054	-2386904.255	-4604248.245	3701366.878

**Determinación de los desplazamientos co-sismicos con DinSAR**

Se utilizaron imágenes SAR (*Synthetic Aperture Radar*) del satélite Sentinel-1A de la *European Space Agency* (ESA) en sus dos órbitas: ascendente y descendente, cubriendo un área de interés (AOI) que abarque la mayor cantidad de estaciones GNSS analizadas (Figura 1). El uso de estas órbitas permite determinar deformación desde dos puntos de vista distintos, a lo largo del ángulo de visión del satélite (LOS, *line-of-sight*), permitiendo calcular las componentes Este y Vertical de la deformación total [Mastro *et al.*, 2020]. Debido al azimut de las órbitas, el sensor no es sensible a las deformaciones en sentido Norte-Sur, por lo que el cálculo de esta componente resulta limitada si se utiliza un único sensor, además de presentar los mayores errores en su determinación [Hu *et al.*, 2014; Pawluszek-Filipiak & Borkowski, 2020]. Por lo tanto, para este trabajo sólo fueron analizados los desplazamientos en la componente este y en la altura.

Con el fin de obtener el valor de la deformación generada por el terremoto, se calculó un interferograma por órbita utilizando las imágenes inmediata anterior y posterior al evento (Tabla 2). Los interferogramas generados fueron filtrados por coherencia, es decir, se eliminaron píxeles cuyas características no se mantuvieron iguales durante la adquisición de ambas imágenes. Por otro lado, a fin de disminuir los efectos atmosféricos presentes, se aplicaron mapas de retardo cenital troposférico obtenidos gratuitamente por medio del *Generic Atmospheric Correction Service* (GACOS - <http://ceg-research.ncl.ac.uk/v2/gacos/>) [Yu *et al.*, 2017, 2018]. La diferencia de fase, fue transformada a desplazamiento y se extrajo el valor de deformación en LOS para cada estación y epicentro. Finalmente, siguiendo a Mastro *et al.*, (2020), se calculó la componente Este y Vertical sólo para las estaciones comprendidas en ambos interferogramas (cccc y P595).

Tabla 2: Fechas de las imágenes Sentinel disponibles utilizadas en cada interferograma.

Órbita	Previas al terremoto	Posteriores al terremoto
Ascendente	28/06/2019	10/07/2019
Descendente	04/07/2019	16/07/2019

**Resultados**

**Desplazamientos observados en las estaciones GNSS (procesamiento PPP)**

Con las coordenadas obtenidas de PPP en las 5 estaciones GNSS en estudio, se graficaron las series temporales en sus tres componentes. Se determinaron movimientos instantáneos superiores a 40 cm en las estaciones más cercanas al epicentro.

En la Figura 3, se muestra la serie temporal de la estación CCCC y en la Figura 4, la estación P595, estaciones más cercanas al epicentro. En ambas figuras se puede apreciar el desplazamiento producido por el sismo, fundamentalmente en las coordenadas horizontales (Norte y Este).

La estación CCCC, ubicada a 25 kilómetros al oeste de la zona de fallamiento, muestra un desplazamiento resultante horizontal hacia el Nor-Oeste (20 cm) y un leve ascenso (2 cm), mientras que la estación P595, ubicada a 20 kilómetros al este de la zona de fallamiento, muestra un desplazamiento resultante horizontal hacia el Sur-Este (58 cm) y un ascenso más significativo (5 cm).

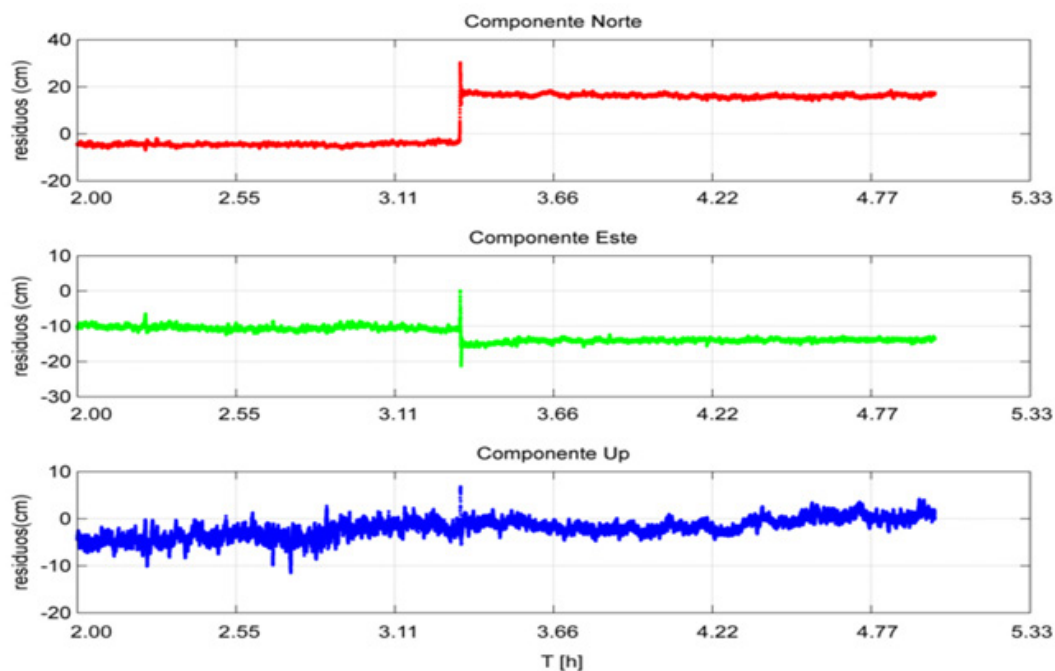


Figura 3: Serie temporal estación CCCC, ubicada a 25 km del epicentro Sismo California (tiempo en hora UTC).

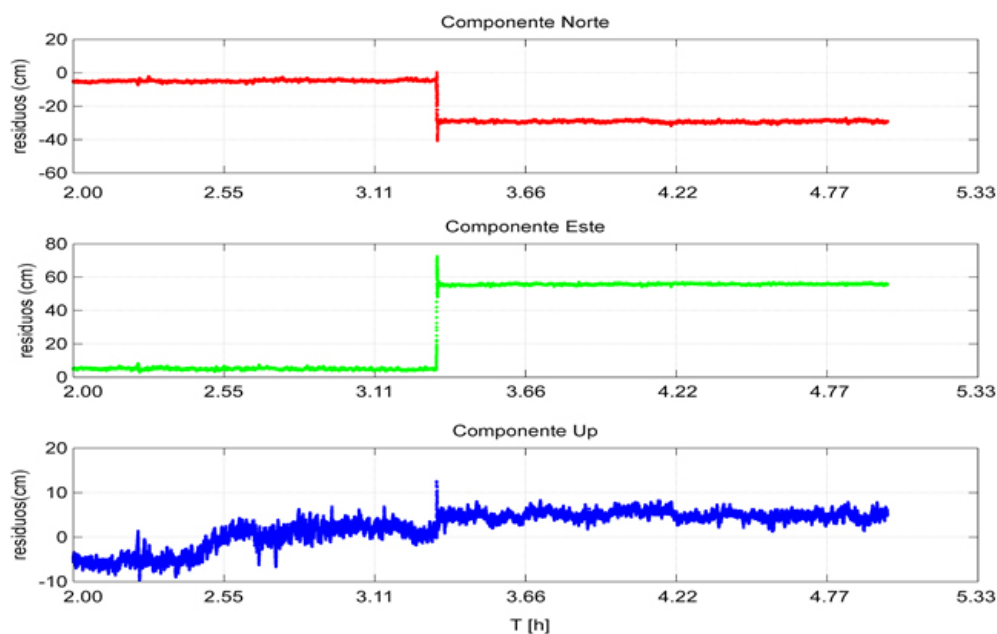


Figura 4: Serie temporal estación P595, ubicada a 20 km del epicentro Sismo California (tiempo en hora UTC).

Algo semejante se observa en la Figura 5 y 6, correspondientes a las estaciones P570 y P580 respectivamente. Dichas estaciones si bien se encuentran más alejadas del epicentro, muestran una respuesta similar de desplazamiento. La estación P570, ubicada a 60 km al oeste del epicentro y al oeste de la zona de fallamiento, presenta un desplazamiento en sentido Nor-Oeste, mientras que la estación P580, ubicada a 45 km al este del epicentro y al este de la zona de fallamiento, se desplaza en sentido Sur-Este.

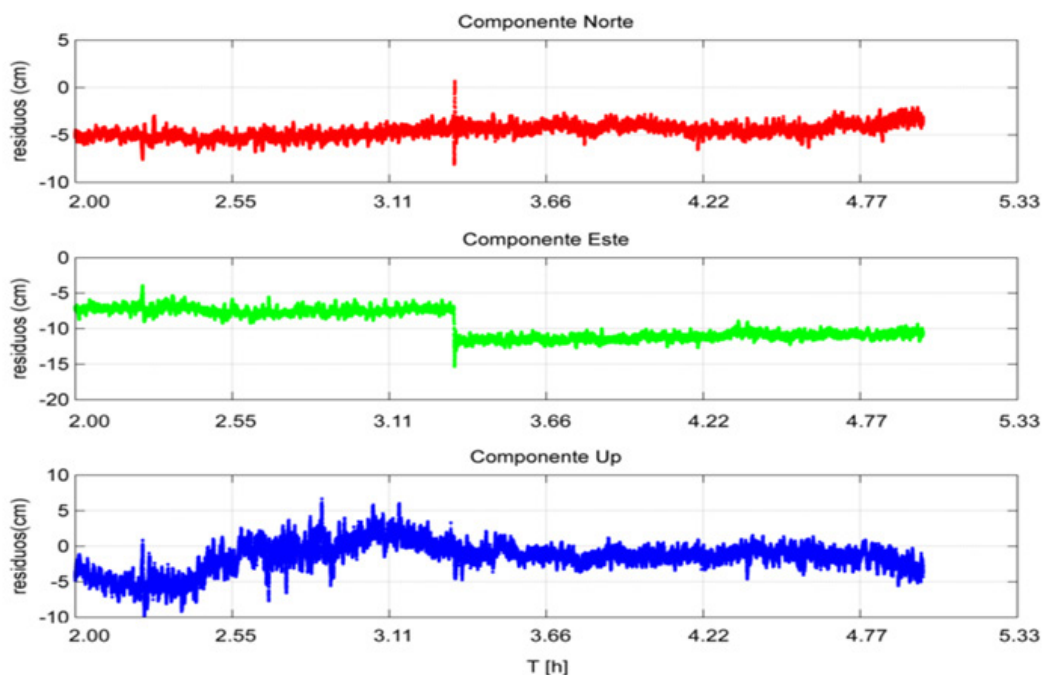


Figura 5: Series temporal estación P570 ubicada a 60 km del epicentro Sismo California (tiempo en hora UTC).

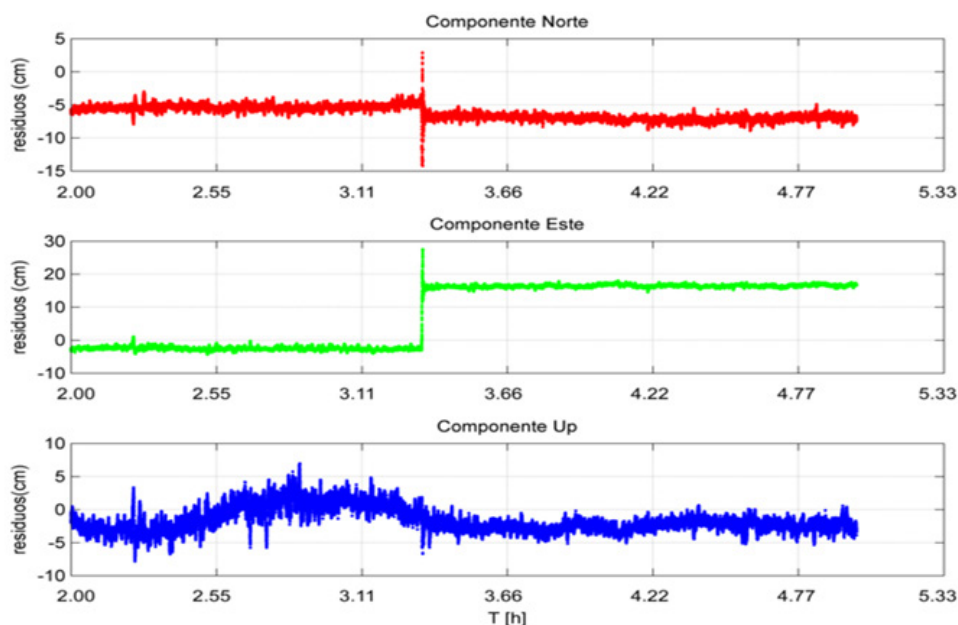


Figura 6: Series temporal estación P580 ubicada a 45 km del epicentro Sismo California (tiempo en hora UTC).

**Estimación rápida de desplazamientos resultantes (DR) mediante algoritmo desarrollado**

Una vez obtenidas las series temporales de coordenadas de cada una de las estaciones analizadas y sus correspondientes variaciones, se obtuvieron los desplazamientos resultantes con el algoritmo de cálculo mencionado (Tabla 3).

Tabla 3: Desplazamientos Resultantes Terremoto California [cm] 06/07/2019 03:19:53 utc (intervalo considerado: 2 minutos previos y posteriores al mayor desplazamiento registrado en cada estación GNSS).

Estación	N	E	Up
P463	-2.352	1.573	0.919
P570	0.037	-3.278	-0.595
P580	-1.801	16.378	-1.642
P595	-23.871	45.772	2.602
CCCC	18.927	-4.604	0.745

Cabe destacar que los DR pueden ser estimados muy rápidamente. Una vez obtenidas las series de tiempo de coordenadas PPP, la ejecución del algoritmo es inmediata. Si las estaciones GNSS transmiten sus datos a tiempo real, se puede calcular la serie PPP también a tiempo real y se podrían estimar los DR en forma casi inmediata (en este caso con 2 minutos de latencia).

**Comparación de los DR con respecto a los de UNAVCO**

En la Figura 7, se aprecian las diferencias de coordenadas, para cada estación. Donde la primera barra corresponde a los desplazamientos resultantes estimados por la estrategia desarrollada y la segunda es la calculada con las coordenadas publicadas en UNAVCO. Se observa una buena correspondencia entre ambas series. Los puntos P595, P580 y P463 (puntos localizados al este de la zona de falla) sufren un desplazamiento al sur y al este, disminuyendo con la distancia al epicentro. En los puntos CCCC y P575 que están al oeste de la zona de falla, se observa un desplazamiento al norte y al oeste.

De la validación con respecto a las coordenadas estimadas por el servicio UNAVCO, se obtuvo una diferencia promedio de -1.079 cm.

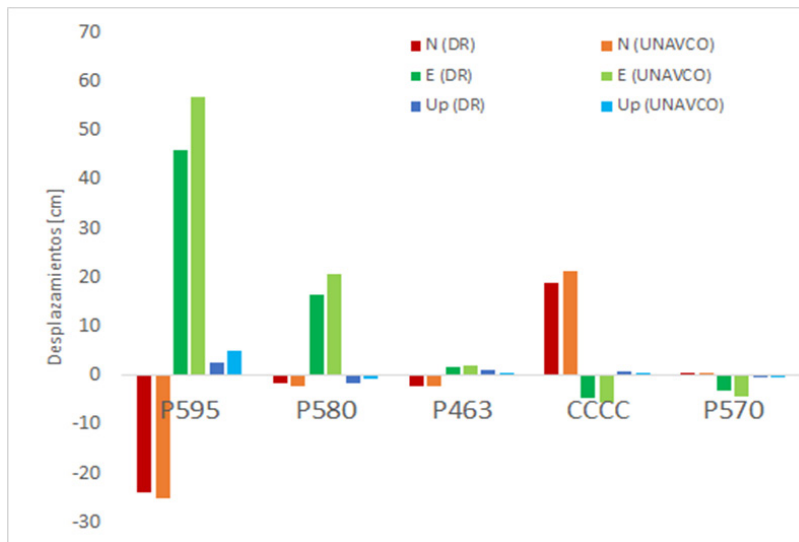


Figura 7: Validación DR con respecto a las series UNAVCO.

**Desplazamientos estimados mediante DinSAR**

Los interferogramas calculados se observan en la Figura 8, estos permiten visualizar desplazamiento de toda el área de estudio, en comparación con GNSS que sólo permite establecer la deformación puntualmente.

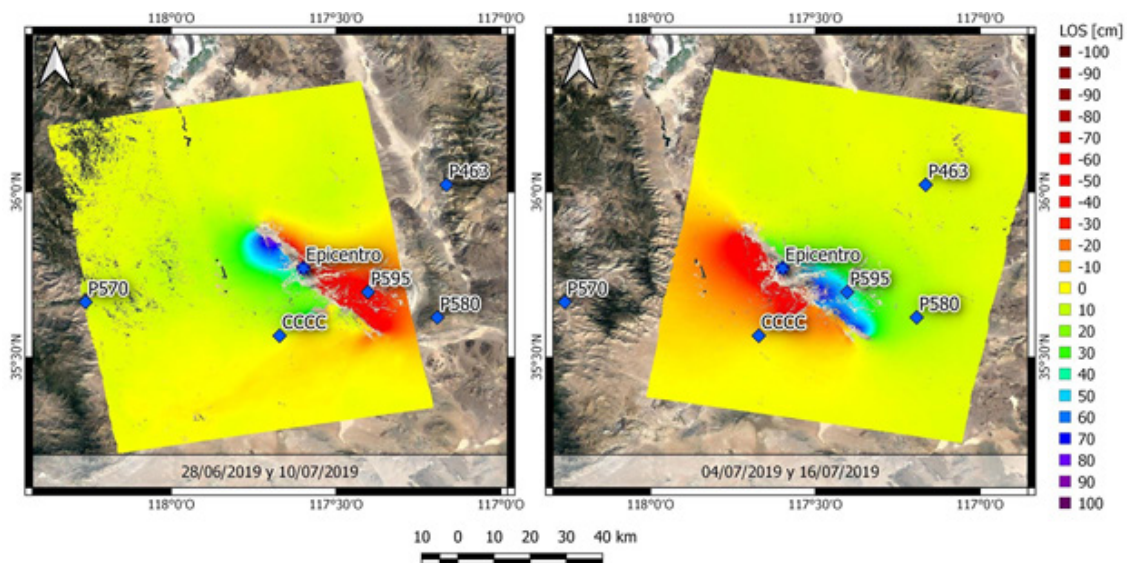


Figura 8: Desplazamientos en LOS. Izquierda: órbita ascendente. Derecha: órbita descendente.

Como las deformaciones se muestran a lo largo de ambos ángulos de visión del satélite, éstas se combinaron para calcular los desplazamientos en la dirección este-oeste y en altura (Tabla 4).

Dichas deformaciones, fueron comparadas con la variación de coordenadas calculadas por UNAVCO, considerando la diferencia de coordenadas diarias, correspondiente a la fecha de la primera y última imagen DinSAR (Tabla 2).

**Tabla 4:** Desplazamientos en componentes Este y Up estimados por DinSAR y comparados con UNAVCO. Unidades expresadas en centímetros (intervalo considerado: 28/06/2019 - 16/07/2019).

Estación	E (DinSAR)	E(UNAVCO)	Up (DinSAR)	Up (UNAVCO)
CCCC	-8.663	-8.380	-0.971	1.559
P595	64.434	62.839	7.928	5.940

Los resultados encontrados muestran una correspondencia en los desplazamientos estimados por ambas técnicas, teniendo en cuenta las precisiones que se pueden alcanzar con cada una de ellas. La precisión de DinSAR es subcentimétrica, pero debido a errores atmosféricos, ionosféricos y/u orbitales, puede alcanzar varios centímetros [Zebker *et al.*, 1997]. En la componente este se observó una diferencia promedio de 0.656 cm, mientras que en la componente altura, las diferencias fueron mayores (cercanas a 2 cm en valor absoluto).

Cabe mencionar que los desplazamientos estimados por DinSAR consideran un período de 18 días, durante los cuales se produjeron dos sismos de importante magnitud, uno el día 4 de julio de 6.4 Mw y el sismo seleccionado en este trabajo para evaluar la metodología de estimación rápida de desplazamientos (6/07/2019). Por tal motivo, los desplazamientos expuestos en la Tabla 3, difieren de los estimados con DinSAR (Tabla 4), por tratarse de intervalos diferentes y habiendo ocurrido varios eventos sísmicos en el período considerado por las imágenes del radar.

### Discusión y Conclusiones

Concluimos que las observaciones GNSS de alta frecuencia analizadas con la estrategia propuesta proporcionan una evaluación rápida y eficiente de los desplazamientos co-sísmicos. La comparación con respecto a las series UNAVCO resultó muy satisfactoria y acorde a lo obtenido en [Melgar *et al.*, 2019].

Cabe aclarar que en Argentina, no se dispone de un servicio de cálculo de coordenadas diarias para las estaciones GNSS, con lo cual, una estimación rápida de los desplazamientos co-sísmicos podría contribuir al conocimiento de la dinámica local, en caso de ocurrencia de sismos. Pudiendo brindar un aporte significativo mediante la cuantificación de los desplazamientos en las zonas de influencia, en pocos minutos, donde se encuentre operando una estación GNSS. Se estima que se puede lograr el cálculo de desplazamientos con una latencia cercana a 2 minutos, con lo cual se podría contribuir con los sistemas de alertas tempranas de terremotos y tsunamis, siempre que se optimice el tiempo de procesamiento PPP necesario para conocer el movimiento instantáneo de cada coordenada.

La comparación de los desplazamientos resultantes con la técnica DinSAR y con GNSS (diferencia promedio 0.193 cm) también fue alentadora, considerando la precisión citada. Si bien los resultados obtenidos con la técnica DinSAR se corresponden con GNSS, el uso de un único par de imágenes puede no ser adecuado para determinar la magnitud de la deformación. Por ello, el uso de series de tiempo de imágenes SAR resulta más conveniente, no sólo para disminuir errores sino también para analizar la dinámica de la deformación y su comportamiento en un periodo de tiempo más amplio.

Se resalta la complementariedad de las técnicas utilizadas. Las observaciones de GNSS en alta frecuencia, aplicando una estrategia de procesamiento adecuada, brindan información de los desplazamientos puntualmente y de manera muy precisa. Por otro lado, DinSAR ofrece un mapa de deformaciones para toda la región cubierta por el par de imágenes, siempre y cuando se disponga de un registro anterior y otro posterior al evento monitoreado.

**Bibliografía**

- Allen, R. M. y A. Ziv (2011). Aplicación de GPS en tiempo real a la alerta temprana de terremotos, *Geophys. Res. Lett.*, 38, L16310, doi: 10.1029 / 2011GL047947.
- Chlieh, M., Perfettini, H., Tavera, H., Avouac, J. P., Remy, D., Nocquet, J. M., Rolandone, F., Bondoux, F., Gabalda, G., & Bonvalot, S. (2011). Interseismic coupling and seismic potential along the Central Andes subduction zone. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 116(12). <https://doi.org/10.1029/2010JB008166>.
- Emore G, Haase J, Choi K, Larson KM, Yamagiwa A (2007). Recovering absolute seismic displacements through combined use of 1-Hz GPS and strong motion accelerometers. *Bull Seism Soc Am* 97(2):357-378. doi:10.1785/0120060153
- Floyd, M., G. Funning, Y. Fialko, R. Terry, and T. Herring (2020). Survey and Continuous GNSS in the Vicinity of the July 2019 Ridgecrest Earthquakes, *Seismol. Res. Lett.* XX, 1-8, doi: 10.1785/0220190324.
- Geng, J., Y. Bock, D. Melgar, B. W. Crowell, and J. S. Haase (2013), A new seismogeodetic approach applied to GPS and accelerometer observations of the 2012 Brawley seismic swarm: Implications for earthquake early warning, *Geochem. Geophys. Geosyst.*, 14, 2124-2142, doi:10.1002/ggge.20144.
- Geng, T., X. Xie, R. Fang, X. Su, Q. Zhao, G. Liu, H. Li, C. Shi, and J. Liu (2016). Real-time capture of seismic waves using high-rate multi-GNSS observations: Application to the 2015 Mw7.8 Nepal earthquake, *Geophys. Res. Lett.*, 43, 161-167, doi:10.1002/2015GL067044.
- Hanssen, R. F. (2002). *Radar Interferometry, Data Interpretation and Error Analysis*.
- Herring, T. A., T. I. Melbourne, M. H. Murray, M. A. Floyd, W. M. Szeliga, R. W. King, D. A. Phillips, C. M. Puskas, M. Santillan, and L. Wang (2016). Plate Boundary Observatory and related networks: GPS data analysis methods and geodetic products, *Rev. Geophys.*, 54, doi:10.1002/2016RG000529
- Hodgkinson, K. M., D. J. Mencia, K. Feaux, C. Sievers, and G. S. Mattioli (2020). Evaluation of Earthquake Magnitude Estimation and Event Detection Thresholds for Real-Time GNSS Networks: Examples from Recent Events Captured by the Network of the Americas, *Seismol. Res. Lett.* XX, 1-18, doi: 10.1785/0220190269.
- Hohensinn, R.; Geiger, A (2018). Stand-Alone GNSS Sensors as Velocity Seismometers: Real-Time Monitoring and Earthquake Detection. *Sensors* 2018, 18, 3712
- Hu, J., Li, Z. W., Ding, X. L., Zhu, J. J., Zhang, L., & Sun, Q. (2014). Resolving three-dimensional surface displacements from InSAR measurements: A review. *Earth-Science Reviews*, 133, 1-17. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2014.02.005>
- Kouba, J. (2003). Measuring seismic waves induced by large earthquakes with GPS, *Stud. Geophys. Geod.*, 47(4), 741-755.
- Larson, K. M., P. Bodin, and J. Gombert (2003). Using 1-Hz GPS data to measure deformations caused by the Denali fault earthquake, *Science*, 300(5624), 1421-1424
- Larson K. (2009). GPS Seismology, *J. Geod.*, 83, 227-233, doi:10.1007/s00190-008-0233-x.
- Lau, N., Tymofeyeva, E., & Fialko, Y. (2018). Variations in the long-term uplift rate due to the Altiplano-Puna magma body observed with Sentinel-1 interferometry. *Earth and Planetary Science Letters*, 491(June), 43-47. <https://doi.org/10.1016/j.epsl.2018.03.026>
- Mateo M.L. (2011). *Determinación precisa de velocidades en las estaciones GNSS de medición continua de América Latina (red SIRGAS)*. Tesis Doctoral. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Cuyo. Mendoza, Argentina
- Mastro, P., Serio, C., Masiello, G., & Pepe, A. (2020). The Multiple Aperture SAR Interferometry (MAI) Technique for the Detection of Large Ground Displacement Dynamics: An Overview. *Remote Sensing*, 12(7), 1189. <https://doi.org/10.3390/rs12071189>
- Melgar, D., B. W. Crowell, J. Geng, R. M. Allen, Y. Bock, S. Riquelme, E. M. Hill, M. Protti, and A. Ganas (2015). Earthquake magnitude calculation without saturation from the scaling of peak ground displacement, *Geophys. Res. Lett.*, 42, 5197-5205, doi:10.1002/2015GL064278.
- Melgar, D., T. I. Melbourne, B. W. Crowell, J. Geng, W. Szeliga, C. Scrivner, M. Santillan, and D. E. Goldberg (2019). Real-Time HighRate GNSS Displacements: Performance Demonstration during the 2019 Ridgecrest, California, Earthquakes, *Seismol. Res. Lett.* XX, 1-9, doi: 10.1785/0220190223
- Pawluszek-Filipiak, K., & Borkowski, A. (2020). Integration of DInSAR and SBAS techniques to determine mining-related deformations using Sentinel-1 data: The case study of rydułtowy mine in Poland. *Remote Sensing*, 12(2). <https://doi.org/10.3390/rs12020242>
- Pepe, A., Bonano, M., Zhao, Q., Yang, T., & Wang, H. (2016). The use of C-/X-band time-gapped SAR data and geotechnical models for the study of Shanghai's ocean-reclaimed lands through the SBAS-DInSAR technique. *Remote Sensing*, 8(11), 1-18. <https://doi.org/10.3390/rs8110911>
- Rongier, G., Rude, C., Herring, T., & Pankratius, V. (2019). Generative Modeling of InSAR Interferograms. *Earth and Space Science*, 6(12), 2671-2683. <https://doi.org/10.1029/2018EA000533>
- Schmidt, D. A., & Bürgmann, R. (2003). Time-dependent land uplift and subsidence in the Santa Clara valley, California, from a large interferometric synthetic aperture radar data set. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 108(B9), 1-13. <https://doi.org/10.1029/2002jb002267>

- Yu, C., Penna, N. T., & Li, Z. (2017). Generation of real-time mode high-resolution water vapor fields from GPS observations. *Journal of Geophysical Research*, 122(3), 2008-2025. <https://doi.org/10.1002/2016JD025753>
- Yu, C., Li, Z., Penna, N., & Crippa, P. (2018). Generic Atmospheric Correction Online Service for InSAR (GACOS). *EGU General Assembly Conference Abstracts*, 20(August 2017), 11007.
- Zebker, H. A., Rosen, P. A., & Hensley, S. (1997). Atmospheric effects in interferometric synthetic aperture radar surface deformation and topographic maps. *Journal of Geophysical Research*, 102(B4), 7547-7563. <https://doi.org/10.1029/96JB03804>
- Zumberge, J. F., M. B. Heflin, D. C. Jefferson, M. M. Watkins, and F. H. Webb (1997). Precise point positioning for the efficient and robust analysis of GPS data from large networks, *J. Geophys. Res.*, 102(B3), 5005-5017, doi:10.1029/96JB03860



## Análisis del modelo de cálculo utilizado para obtener el vapor de agua troposférico desde los retardos en la señal GNSS en la región centro oeste de Argentina

### *Analysis of the calculation model used to obtain tropospheric water vapor from the GNSS signal delays in the central west region of Argentina*

Mackern, María Virginia<sup>1,2,3</sup>; Mateo, María Laura<sup>2,3</sup>;  
Camisay, María Fernanda<sup>2,3</sup>; Rosell, Patricia Alejandra<sup>1,2,3</sup>;  
Weidmann, Tomás<sup>3</sup>; Gonzalez Romo, Agustín<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). Argentina.

<sup>2</sup> Universidad Nacional de Cuyo. Facultad de Ingeniería. Mendoza. Argentina.

<sup>3</sup> Universidad Juan Agustín Maza. Facultad de Ingeniería. Mendoza. Argentina.

Contacto: vmackern@mendoza-conicet.gob.ar  
Autor de correspondencia: Mackern, María Virginia

Palabras claves: IWV, ZTD, GNSS, TM, Radiosonda, SIRGAS  
Keywords: IWV, ZTD, GNSS, TM, Radiosonde, SIRGAS

#### Resumen

El agua en su estado gaseoso, es el principal regulador de la temperatura superficial del planeta. La técnica utilizada tradicionalmente para medir el vapor de agua atmosférico, a través de radiosondas, resulta insuficiente para monitorear la variabilidad tanto espacial como temporal. Esta variable genera un retardo en la señal GNSS al atravesar la atmósfera, por lo cual desde hace tres décadas se viene trabajando en recuperar el contenido de vapor de agua, en forma indirecta desde las mediciones GNSS. En el modelo de cálculo se aplica un parámetro crítico, la temperatura media de la columna atmosférica. Se han desarrollado varios modelos para calcularla, la gran mayoría basados en observaciones de radiosondas lanzadas principalmente en el hemisferio norte.

En este trabajo se compara la aplicación de 3 modelos de temperatura media, el de Bevis, el de Mendes y el de Yao. En este último se analizan dos grupos de coeficientes correspondientes a dos sectores de latitud sur, sobre el centro oeste de Argentina.

También se ha analizado la influencia de distintos coeficientes de la refracción, en el factor que relaciona la componente húmeda del retardo troposférico y el vapor de agua. Se consideraron los coeficientes propuestos por Thayer y por Rüeeger.

Se concluyó que tanto el modelo de Mendes como el de Bevis para el cálculo de la temperatura media son los que mejor representan la variabilidad espacial y temporal de la variable, en la región de estudio. Respecto a los coeficientes de la refracción utilizados en el modelo de cálculo, sus diferencias no son significativas pudiendo utilizarse cualquiera de ellos.

#### Abstract

*Water in its gaseous state is the main regulator of the planet's surface temperature. The technique traditionally used to measure atmospheric water vapor, through radiosondes, is insufficient to monitor both spatial and temporal variability. This variable generates a delay in the GNSS signal when it passes through the atmosphere, for which for three decades work has been done to recover the water vapor content, indirectly from GNSS measurements. In the calculation model a critical parameter is applied, the average temperature of the atmospheric column,  $T_m$ . Several models have been developed to calculate the vast majority in radiosonde observations launched mainly in the northern hemisphere.*

*In this work, the application of 3 models of mean temperature is compared: Bevis, Mendes and Yao. In the latter, two groups of coefficients corresponding to two sectors of southern latitude are analyzed, over the central west of Argentina.*

*The influence of different coefficients of refraction on the factor that relates the wet component of the tropospheric delay and the water vapor has also been analyzed. In this case, the coefficients proposed by Thayer and Rüeeger were considered.*

*It was concluded that both the Mendes and Bevis models for the calculation of the mean temperature are those that best represent the spatial and temporal variability of the variable, in the study region. Regarding the refraction coefficients used in the calculation model, their differences are not significant and any of them can be used.*

## Artículo completo

## Ciencias Ambientales, Agroindustrias y de la Tierra

### Introducción

La Tierra es un sistema complejo en el que convergen gran cantidad de variables. Es conocido el rol fundamental que ocupa el agua en el desarrollo de la vida en nuestro planeta. En su estado gaseoso, el vapor de agua atmosférico, es objeto de constante estudio. Es el gas más abundante del efecto invernadero como principal regulador de la temperatura superficial del planeta. En la troposfera inferior, el vapor de agua atmosférico actúa como el principal recurso de precipitación en todos los sistemas meteorológicos, y dominando la estructura de calentamiento diabático en la troposfera [Trenberth *et al.* 2005]. El vapor de agua juega un papel importante en el desarrollo de, por ejemplo: eventos de precipitación extrema [Fujita y Sato, 2017; Barindelli *et al.*, 2018]; lluvia asociada con ciclones que se profundizan rápidamente en latitudes medias [McMurdie y Katsaros, 1996]; desarrollo de granizo [Guerova *et al.*, 2013; Calori *et al.*, 2016]; y, precipitación orográfica asociados con los ríos atmosféricos [Smith *et al.*, 2010].

Si bien mucho se conoce del vapor de agua y su incidencia sobre el planeta, la medición del mismo aún está limitada tanto espacial como temporalmente. Un mejor conocimiento de esta variable permitirá una mejor comprensión de los procesos atmosféricos, facilitando así también el pronóstico meteorológico. La mayor dificultad que presenta la comprensión de la distribución de vapor de agua se debe principalmente a su propia complejidad, tanto de movimiento como de transporte a lo largo de la atmósfera, resultando en una variable altamente cambiante en el tiempo y en el espacio. El conocimiento de esta variable requiere de una medición permanente y en lo posible a partir de una amplia red de observación que asegure su monitoreo espacial.

Tradicionalmente el vapor de agua integrado (IWV) de la columna de aire atmosférica por sobre un sitio, se ha medido a partir de radiosondas lanzadas en lugares específicos a las 0 h y 12 h de tiempo universal coordinado (UTC). Estas si bien se complementan a partir de las mediciones radiométricas sobre mares y océanos, con mediciones realizadas desde radiómetros a bordo de satélites, presentan inhomogeneidades en las series temporales de IWV, asociadas a cambios en el instrumental de las distintas misiones satelitales (Dessler y Davis, 2010; Mieruch *et al.*, 2014).

Por todo lo expuesto el monitoreo del IWV, no es suficiente y resulta imprescindible implementar nuevas técnicas que brinden mayor cobertura espacial y una mejor resolución temporal, que describa en lo posible su variabilidad horaria.

Frente a esta demanda surge la técnica, basada en la extracción del vapor de agua desde los retardos cenitales troposféricos (ZTD), sobre la señal GNSS (*Global Navigation Satellite System*) [Davis, J.L. *et al.* 1985], como una alternativa muy potente por sus dos principales ventajas:

- Densificación temporal: permite realizar mediciones continuas, las 24 horas del día, los 365 días del año, con intervalos de muestreo que pueden ir desde el segundo a los 60 o 120 minutos.
- Densificación espacial: se dispone en América Latina de una amplia red de estaciones de observación GNSS, SIRGAS-CON ( $\cong 350$  estaciones GNSS, operativas promedio en los últimos 5 años), que sobrepasa notablemente a la cantidad de estaciones de radiosondeo, sobre dicha región ( $\cong 45$  estaciones de radiosondeo operativas promedio en los últimos 5 años, disponibles desde el sitio de la Universidad de Wyoming y reportadas desde IGRA, *Integrated Global Radiosonde Archive*).

La posibilidad de estimar el contenido de IWV desde las observaciones GPS (*Global Position System*) [Bevis *et al.* 1992] es una técnica utilizada a nivel global desde la red del IGS (*International GNSS Service*), densificada y muy aprovechable. Esta técnica geodésica puede ser utilizada como una importante herramienta de apoyo a otras ciencias orientadas a la investigación del clima. Las estimaciones actuales del retardo troposférico sobre las observaciones GNSS permiten inferir valores de IWV con alta precisión, equivalente a la esperada a partir de las técnicas de observación directa, como radiosondas y radiómetros de microondas (Bonafoni *et al.*, 2013; Van Baelen *et al.*, 2005; Calori *et al.*, 2016).

En América, se dispone de la red de estaciones GNSS continuas del proyecto SIRGAS (Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas, [www.sirgas.org](http://www.sirgas.org)) operativa como red de monitoreo geodésico, desde el año 2000 a la fecha, con un índice de crecimiento promedio de 26 estaciones nuevas por año. Cuenta actualmente con más de 420 estaciones GNSS continuas distribuidas en los diferentes países de América Latina y el Caribe (Cioco *et al.*, 2018). La misma es utilizada con fines geodésicos y en lo que respecta a estudios atmosféricos está siendo utilizada para estudios ionosféricos [<http://www.sirgas.org/es/iono-maps/>] y recientemente para análisis de la atmósfera neutra, estimando retardos troposféricos [<http://www.sirgas.org/es/tropo-delays/>].

Estas estaciones son procesadas rutinariamente por los Centros de Análisis SIRGAS (AC), siguiendo las pautas y estándares establecidos por el Servicio Internacional de Rotación y Sistemas de Referencia de la Tierra (IERS) y el IGS (International GNSS Service). Desde el 2014, el procesamiento de datos GNSS incluye la estimación de los valores de ZTD por hora basados en observaciones GPS y GLONASS (*Global'naya Navigatsionnaya Sputnikovaya Sistema* - Sistema de navegación global por satélite creado por Rusia) (Camisay *et al.*, 2020; Sánchez *et al.*, 2015 y Brunini *et al.*, 2012).

## Artículo completo

## Ciencias Ambientales, Agroindustrias y de la Tierra

Pacione *et al.* (2017) muestra el gran potencial que una red GNSS continental ofrece a los estudios atmosféricos. La red permanente de Europa, EUREF *Permanent GNSS Network* (EPN) (Bruyninx *et al.*, 2019) ha aportado una base de información valiosa para el desarrollo de registros de datos climáticos de productos troposféricos GNSS en el continente, utilizándose como referencia en los re-análisis numéricos de predicción del clima y en simulaciones de modelos climáticos, para monitorear tendencias y variabilidad del iwv. También Guerova *et al.* (2016), muestran las ventajas de la aplicación de productos troposféricos GNSS en la predicción y en el monitoreo del clima.

Entre los antecedentes referidos al uso de estaciones GNSS para la estimación de iwv en América del Sur podemos mencionar a Bianchi *et al.* (2016) quienes presentan la estimación de los valores medios de iwv y sus tendencias durante 2007-2013, en cien estaciones SIRGAS-CON. Calori *et al.*, (2015), propone una metodología de procesamiento, con intervalos de muestreo de 2 horas, aplicando técnicas de post-procesamiento, la cual permite alcanzar productos troposféricos de gran precisión, pero con un retardo de entre 15 y 20 días posteriores a la fecha de la observación.

Analizando detalladamente el modelo de cálculo propuesto por Askne y Nordius (1987), es posible estimar el contenido de iwv de la columna de aire sobre la estación GNSS, a partir de dos parámetros considerados variables empíricas del cálculo. La componente húmeda del retardo cenital troposférico (zwd) extraída del ZTD en las estaciones GNSS y la temperatura media de la columna atmosférica sobre el sitio ( $T_m$ ).

Respecto a la primera se resuelve disponiendo del dato de presión atmosférica in situ, ya que con la misma se calcula la componente hidrostática del retardo (ZHD), según Davis *et al.* (1985), y restando dicho valor al ZTD se determina el zwd (Mackern *et al.*, 2020).

En cuanto a la  $T_m$ , resulta un parámetro crítico en el cálculo del vapor de agua (Davis *et al.*, 1985). Existen varios modelos para calcular la  $T_m$ , la gran mayoría de los mismos se basan en la relación de ésta con la temperatura a nivel de la superficie del terreno. Los mismos son modelos empíricos obtenidos desde mediciones realizadas e integradas a lo largo de perfiles de radiosondeos, algunos en América como fue el caso del modelo BTm (Bevis 1992) y otros globales como UNB98Tm1 (Mendes 1999) y GTm (Yao *et al.*, 2014), entre otros.

En el factor de proporcionalidad (designado como  $\Pi$ ), que relaciona la variable zwd con iwv, intervienen los coeficientes de la refracción atmosférica (Askne y Nordius, 1987). Estos también han sido definidos empíricamente por diferentes autores. En Calori *et al.* (2016) se validaron estimaciones de iwv, calculadas aplicando los coeficientes de Thayer (1974), sobre la región centro oeste de Argentina. Rüeger (2002) sugirió el reemplazo de los coeficientes antes mencionados por un grupo de coeficientes que responden mejor a las ondas en el espectro de radio (caso de la señal GNSS).

El objetivo de este trabajo consiste en analizar el impacto sobre el cálculo del iwv al utilizar distintos modelos de la temperatura media de la troposfera, como la influencia de diferentes coeficientes de la refracción sobre la señal GNSS. Se presenta en primer lugar un análisis comparativo de 3 modelos de  $T_m$ : UNB98Tm1 (Mendes 1999), BTm (Bevis 1992) y GTm (Yao *et al.*, 2014), 2 casos de este último.

En un segundo análisis se compara la influencia sobre el cálculo del vapor de agua, de 3 diferentes grupos de coeficientes de refracción: Thayer (1974), «Best available» (Rüeger, 2002) y «Best average» (Rüeger, 2002).

Ambas validaciones se han realizado, en la región centro oeste de Argentina, en 3 sitios donde se dispone de estación GNSS y estación de radiosondeo. Se han considerado como referencia los valores correspondientes ( $T_m$  en el primero e iwv en el segundo) extraídos de los perfiles de radiosondeo de la región.

### Materiales y métodos

#### Modelo de cálculo del iwv desde ZTD

Conforme al modelo de cálculo propuesto por Askne y Nordius (1987), el iwv se puede obtener aplicando el factor de proporción  $\Pi$  a la componente húmeda del retardo cenital troposférico (zwd), ecuación (1)

$$IWV = \Pi * ZWD \quad (1)$$

Artículo completo

Ciencias Ambientales, Agroindustrias y de la Tierra

En (1) el vínculo entre zwd e iwv viene dado por la cantidad adimensional de proporcionalidad  $\Pi$ , ecuación (2) (Askne y Nor-dius, 1987):

$$\Pi = 10^5 / \left( K_2' + \frac{K_3}{T_m} \right) R_w \quad (2)$$

$R_w$  es la relación de la constante molar del gas y la masa molar del vapor de agua, igual a 0,461499. El coeficiente  $K_2'$ , se calcula por la expresión  $K_2' = K_2 - m \cdot K_1$ , en la cual la constante  $m$  es la relación de las masas molares de vapor de agua ( $M_w$ : 18,0152 g/moles) y aire seco ( $M_d$ : 28,9644 g/moles). Las constantes físicas  $K_1$ ,  $K_2$  y  $K_3$  son las correspondientes a la fórmula (3) utilizada para la refractividad atmosférica (Rüeger, 2002) y han sido determinadas por varios autores.

$$N_r = K_1 \frac{P_d}{T} + K_2 \frac{P_w}{T} + K_3 \frac{P_w}{T^2} \quad (3)$$

Donde  $P_d$  es la presión parcial de aire seco,  $P_w$  es la presión parcial del vapor de agua (ambas presiones expresadas en hPa),  $K_i$  son constantes y  $T$  es la temperatura (en grados Kelvin).

La variable crítica  $T_m$  en (2), es la temperatura media en la columna atmosférica sobre el sitio de estudio (Davis *et al.* 1985; Bevis *et al.* 1992). Existen varios modelos para calcular la  $T_m$ , la gran mayoría de los mismos se basa en la relación de ésta, con la temperatura (en grados Kelvin) a nivel de la superficie del terreno,  $T_s$ , según la ecuación (4).

$$T_m = a + b T_s \quad (4)$$

$$T_m = \frac{\int_H^\infty \frac{e}{T} dz}{\int_H^\infty \frac{e}{T^2} dz} = \frac{\sum \frac{e_i}{T_i} \Delta h_i}{\sum \frac{e_i}{T_i^2} \Delta h_i} \quad (5)$$

$$e = 6,11 * 10^{(7,5 * dwpt / (237,7 + dwpt))} \quad (6)$$

Los parámetros  $a$  y  $b$ , se determinan empíricamente desde mediciones realizadas a lo largo de perfiles de radiosondeos (Yao *et al.*, 2014), según la ecuación (5), en donde  $T_i$  es la temperatura promedio entre las temperaturas medidas en dos niveles consecutivos de la radiosonda ( $(T_{i-1} + T_i) / 2$ ) y de igual forma, la variable  $e_i$ , es la presión de vapor de agua promedio entre dos niveles consecutivos. Esta se calcula en función de la temperatura de rocío (dwpt, en °C) en cada nivel del perfil, mediante la ecuación (6). Empíricamente las integrales se limitan a la sumatoria del aporte de cada nivel  $i$  del perfil al cual le corresponde un espesor de atmósfera  $\Delta h_i$  (diferencia de las alturas de dos niveles consecutivos).

Algunos modelos que permiten el cálculo de la  $T_m$  se han basado en radiosondeos sobre América del Norte, un ejemplo es el conocido internacionalmente modelo de Bevis (1992) y algunos se han determinado a partir de radiosondeos distribuidos globalmente, como por ejemplo Mendes (1999) y Yao (2014).

Retomando la ecuación (1), el ZWD se obtiene sustrayendo, al ZTD estimado en la estación GNSS, la correspondiente componente hidrostática (ZHD). Esta puede calcularse según Davis *et al.* (1985), por la ecuación (7), introduciendo como datos la latitud geodésica ( $\varphi$ ), la altura elipsoidal ( $h$ ) y la presión atmosférica (en hPa) en el sitio de la estación GNSS ( $P_{GNSS}$ ) donde se ha estimado el ZTD. Cabe mencionar que por ser la  $P_{GNSS}$  variable, es necesario disponer de la misma con el mismo intervalo de tiempo que se dispone del ZTD.

$$ZHD = 0,002276738 \times \frac{P_{GNSS}}{1 - 0,00266 \cos(2\varphi) - 0,28 \cdot 10^{-6} h_{GNSS}} \quad (7)$$

Artículo completo

Ciencias Ambientales, Agroindustrias y de la Tierra

Para obtener la  $P_{GNSS}$  en cada uno de los sitios de las estaciones GNSS continuas se utilizan registros de estaciones meteorológicas a los cuales se les aplican las reducciones correspondientes detalladas en Mackern *et al.*, (2020).

**Datos, estaciones GNSS y radiosondeo utilizados**

La red SIRGAS-CON, es una red de estaciones GNSS continuas, procesada semanalmente por tratarse de la red que densifica el marco de referencia geocéntrico internacional en América Latina y el Caribe (Cioce *et al.*, 2018). Son parte de dicha red más de 40 estaciones argentinas (Figura 1), las cuales, a partir de un procesamiento oficial diario en el contexto de SIRGAS, cuentan con productos troposféricos (ZTD) cada 1 hora (Mackern *et al.*, 2020). Este estudio se realizó sobre el centro oeste de Argentina, para lo cual se contó con las correspondientes series de ZTD (2014-2018) de las estaciones SIRGAS-CON de la región. Se seleccionaron tres estaciones GNSS, Mendoza (MZAC), Santa Rosa, La Pampa (SRLP) y Neuquén (MA01) por contar con estación de lanzamiento de radiosondeo en la cercanía.

La búsqueda de los sitios de radiosondeo, en la región de estudio, se realizó para poder disponer de mediciones directas del vapor de agua, por un método independiente. Dichos valores se consideraron como referencia, por tratarse del método tradicionalmente utilizado. De los 7 sitios de lanzamiento de radiosonda en Argentina se seleccionaron 3. La estación SAME, ubicada en el aeropuerto de Mendoza (32,83° S; 68,78° W), la estación SAZR, en el Aeropuerto de Santa Rosa, la Pampa (36,56° S; 64,33° W) y la estación SAZN, en el Aeropuerto de Neuquén (36,76° S; 68,10° W) (Figura 1). Los perfiles de radiosondeo fueron descargados desde el sitio oficial de la Universidad de Wyoming (<http://weather.uwyo.edu/upperair/sounding.html>).

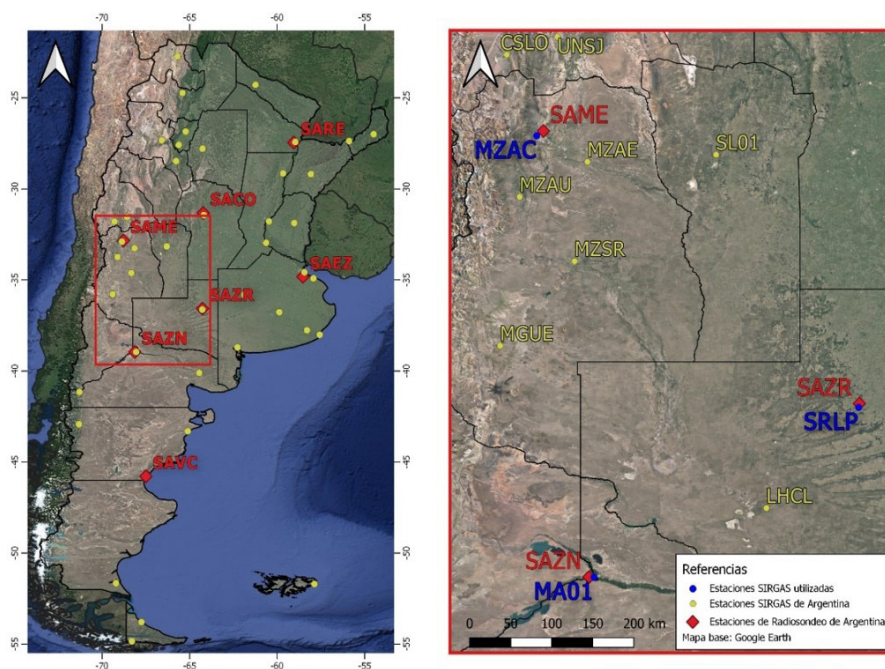


Figura 1. Estaciones GNSS y radiosondeo de Argentina (izquierda). Región de estudio y estaciones utilizadas (derecha).

Cabe mencionar que la Organización Meteorológica Mundial recomienda un perfil de radiosondeo diario a las 12 h UTC. Por lo cual la mayoría de las estaciones disponen de tales registros. En algunos casos, dependiendo del contexto sinóptico en el que se encuentre la región, se dispone de un segundo perfil diario a las 00 h UTC. Resultando como máximo la disponibilidad de dos radiosondeos diarios en cada estación. En ocasiones el costo significativo de la radiosonda ha repercutido en faltantes sobre las correspondientes series temporales. En la tabla 1 se detalla la cantidad de sondeos disponibles utilizados en este trabajo. Es notorio el faltante de perfiles de radiosondeo (74,8% de faltantes en promedio para los sondeos de las 00 h UTC y 32,9 % en promedio para los sondeos de las 12 h UTC) en las estaciones de la zona de estudio. Esta misma situación presentan la gran mayoría de los países latinoamericanos, lo cual destaca la contribución que ofrece la técnica alternativa para el cálculo del iww, desde los retardos en la señal GNSS de estaciones que se encuentran operativas, sin ningún costo adicional en infraestructura de observación.

Artículo completo

Ciencias Ambientales, Agroindustrias y de la Tierra

Tabla 1. Cantidad de perfiles de radiosondeo disponibles (a las 00 h y 12 h UTC) en las estaciones de radiosondeo analizadas (Fig. 1).

Estación	SAME		SAZR		SAZN		TOTAL	
	00 h	12 h	00 h	12 h	00 h	12 h	00 h	12 h
2014	0	0	0	289	0	193	0	482
2015	128	166	0	154	0	0	128	320
2016	359	365	0	361	0	0	359	726
2017	355	359	310	363	0	200	665	922
2018	273	354	229	358	0	282	502	994
2019	0	341	0	345	0	279	0	965
Total	1115	1585	539	1870	0	954	1654	4409
faltante	49,1%	27,6%	75,4%	14,6%	100%	56,4%	74,8%	32,9%

Modelos comparados de temperatura media de la atmósfera, Tm

Como se mencionó anteriormente la mayoría de los modelos de Tm se basan en la relación de ésta, con la temperatura (en Kelvin) a nivel de la superficie del terreno, Ts, según la ecuación (4). En este trabajo se analizaron 3 modelos que responden a la relación lineal de dicha ecuación: UNB98Tm1 (Mendes 1999), BTm (Bevis *et al.* 1992) y dos casos del modelo GTm (Yao *et al.* 2014), para los rangos de latitud que cubren el territorio argentino. El correspondiente a las latitudes 15° S a 30° S y el de latitudes 30° S a 45° S.

Tabla 2. Coeficientes a y b (ecuación 4) de los modelos de Tm comparados

Modelo de Tm	a	b
UNB98Tm1 [Mendes 1999]	50,4000	0,7890
BTm [Bevis et al. 1992]	70,2000	0,7200
GTm (latitudo 15 °S-30 °S) [Yao et al. 2014]	76,5865	0,7045
GTm (latitudo 30 °S-45 °S) [Yao et al. 2014]	-15,9259	1,0224

En la tabla 2 se enuncian los correspondientes cuatro grupos de coeficientes (a y b) de los modelos comparados. El objetivo fue determinar cuál de los modelos de cálculo analizados, representa mejor a la variabilidad (espacial y temporal) de la Tm en la región de estudio.

Se utilizaron como referencia los valores de Tm calculados a partir de la sumatoria de los aportes correspondientes a cada nivel del radiosondeo, calculados con las variables temperatura (T) y presión del vapor de agua (e), registradas en función de la altura, en la trayectoria de cada perfil de radiosondeo, conforme a las ecuaciones (5) y (6) (Davis *et al.*, 1985 y Yao *et al.*, 2014). La validación se realizó en las tres estaciones de radiosondeos mencionadas, disponibles en la región centro oeste de Argentina (CWA). El período analizado fue de abril del 2014 a julio del 2018. Se consideraron los 2 lanzamientos diarios disponibles (a la 00 h y 12 h UTC), en algunos casos se dispuso sólo del correspondiente a las 12 h (tabla 1). El análisis se realizó por separado dada la significativa variabilidad de temperatura entre el día (12 h) y la noche (00 h).

Coeficientes de refracción, K1, K2 y K3

Como se mencionó, no existe un único grupo de coeficientes en la fórmula (3) del índice de refracción (Rüeger, 2002). En este trabajo se ha analizado la influencia sobre el cálculo del iwv de 3 grupos distintos de coeficientes. Los definidos por Thayer (1974) por ser particularmente muy utilizados en el campo de la geodesia (por ejemplo, Herring 1992, Jarlemark 1994, Mendes 1999) y dos grupos descritos por Rüeger (2002) como «Best available» (en este trabajo denominados Rüeger) y «Best average» (en este trabajo denominados RüegerAverage), recomendados para el cálculo de la refractividad anómala (Tabla 3).

Tabla 3: Coeficientes de la fórmula de refractividad atmosférica analizados

	$K_1$ [K/mbar]	$K_2$ [K/mbar]	$K_3$ [K <sup>2</sup> /mbar]	$K_2'$ [K/mbar]
Thayer 1974	77,604	64,79	$3,776 \cdot 10^5$	16,52
Rüeger 2002, "Best available"	77,695	71,97	$3,75406 \cdot 10^5$	23,645472
Rüeger 2002, "Best average"	77,6890	71,2952	$3,75463 \cdot 10^5$	22,9744

Para este análisis se consideraron los valores de IWV calculados en las 8 estaciones SIRGAS-CON ubicadas dentro del área de estudio (Figura 1). En cada estación se dispuso de veinticuatro valores diarios de ZTD. Para el cálculo del IWV se utilizaron las ecuaciones 1, 2, 4 y 7, con los valores de  $T_s$  y  $P$  extraídos del modelo de reanálisis ERA Interim [Berrisford *et al.*, 2011; Dee *et al.*, 2011]. Se utilizó este reanálisis siguiendo la metodología de Calori *et al.* (2016), su utilización y precisión ha sido probada por diferentes autores [Bock and Parracho, 2019; Wang *et al.*, 2020]. Se obtuvieron cuatro valores diarios, dada la disponibilidad de estos últimos (00, 06, 12 y 18 h UTC). Este proceso de cálculo se repitió tres veces, con cada uno de los grupos de coeficientes mencionados (tabla 3). En las Figuras 2, 3 y 4 se pueden ver las series de IWV calculadas, considerando en el cálculo de  $\Pi$  los 3 grupos de coeficientes comparados, en las 3 estaciones de validación.

Para el análisis comparativo se tomó como referencia el valor del vapor de agua extraído de las mediciones de los correspondientes perfiles de radiosondeo en cada sitio (SAME, SAZR y SAZN). Esta validación fue sólo posible a la 00 h UTC (1654 radiosondeos) y a las 12 h UTC (4409 radiosondeos). Se pueden observar en las figuras de las series de iwv, los periodos de ausencia de observaciones de radiosondeo (en acuerdo con la información de tabla 1) y los faltantes del iwv calculado en base a los distintos coeficientes, debido a inexistencia del ZTD (lo cual se atribuye a ausencia o mala calidad de las observaciones GNSS).

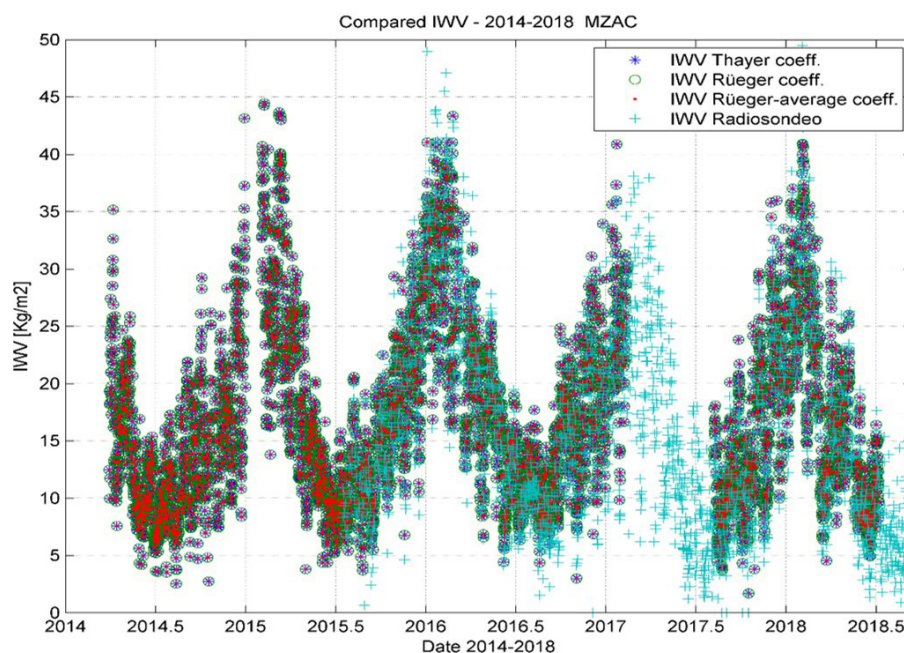


Figura 2. iwv calculados en estación GNSS MZAC (Mendoza Ciudad), Radisondeo: SAME.

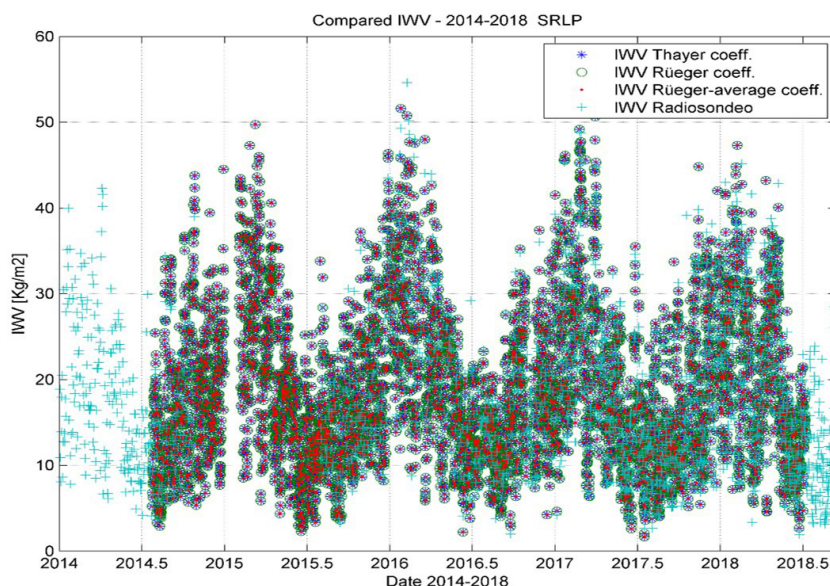


Figura 3. IWV calculados en estación GNSS SRLP (La Pampa, Santa Rosa), Radisondeo: SAZR.

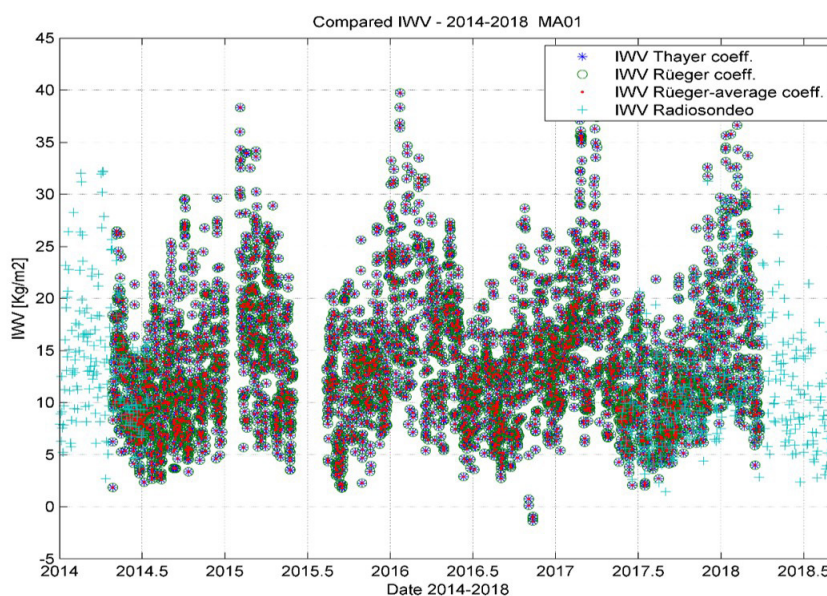


Figura 4. IWV calculados en estación GNSS MA01 (Neuquén), Radisondeo: SAZN.

**Resultados**

**Variabilidad de la Tm calculada desde los 3 modelos de Tm**

Las Figuras 5 a 8 muestran los valores de Tm correspondientes a dos de las estaciones de validación, MZAC (RS: SAME) y SRLP (RS: SAZR), a las 00 h y 12 h UTC.

En el total de las estaciones muestreadas se observa, como los cuatro grupos de coeficientes analizados representan la variabilidad estacional, tanto en horario diurno (12 h UTC) como nocturno (00 h UTC). Cuando no se dispuso de radiosondeo los valores de Tm no se graficaron.



Se observa en el periodo analizado, que en la estación de radiosondeo SAME (sitio GNSS MZAC) (Figura 5 y 6) no se dispuso de radiosondeos hasta el mes de junio del año 2015 en ambos horarios. Para el caso de la estación SAZR (sitio GNSS SRLP), se dispuso de radiosondeos a las 00 h desde el 2017 (Figura 7). Para el caso del lanzamiento a las 12 h no se pudo disponer de radiosondeo entre noviembre del 2014 y agosto de 2015 (Figura 8). En la estación SAZN (sitio GNSS MA01) no se dispuso de radiosondeos a las 00 h, hasta octubre del 2017 y no se dispuso de radiosondeos a las 12 h durante los años 2015 y 2016 (no mostrado). Todos estos faltantes de vapor de agua estimado desde radiosondeo, podrían cubrirse con el iwv calculado desde el ZTD en las correspondientes estaciones GNSS operativas.

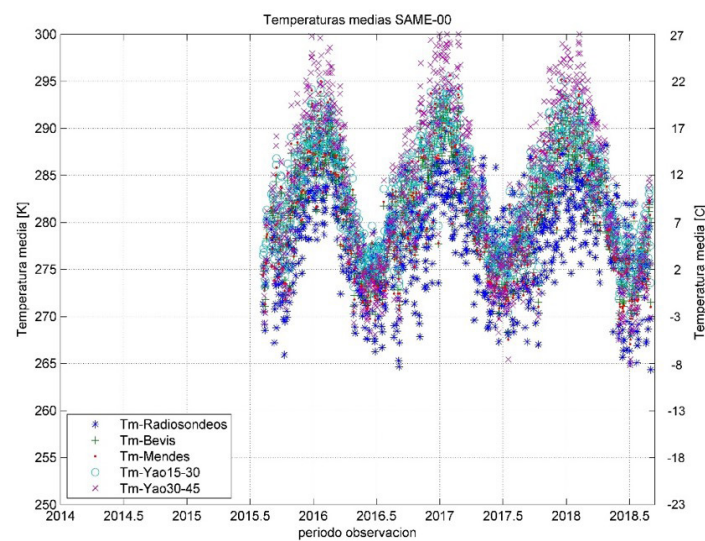


Figura 5: Tm calculadas desde los distintos modelos, estación MZAC (RS: SAME), 00 h UTC.

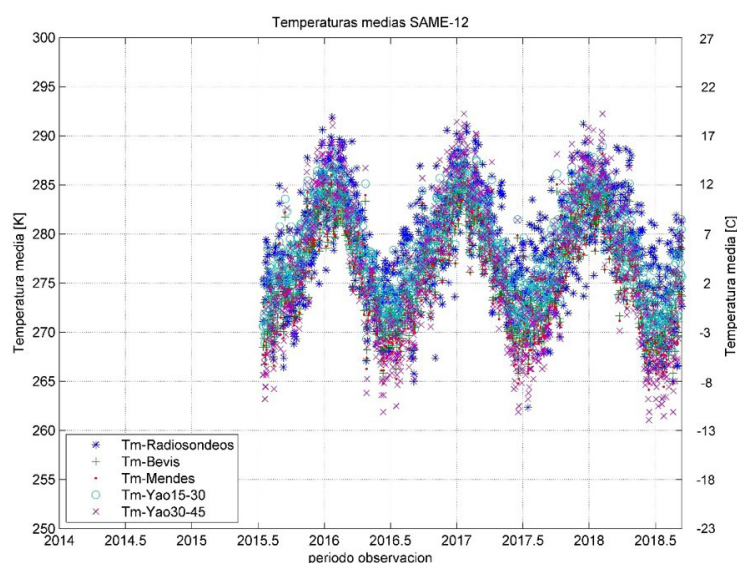


Figura 6: Tm calculadas desde los distintos modelos estación MZAC (RS: SAME), 12 h UTC.

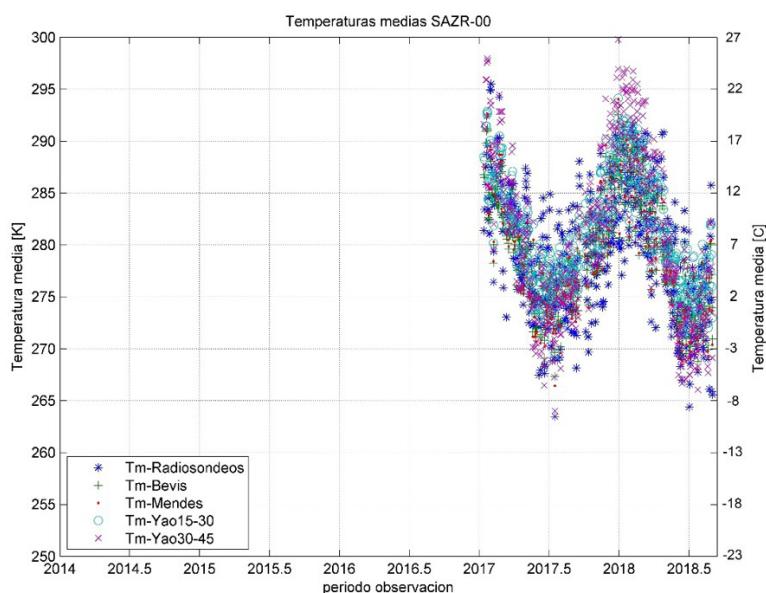


Figura 7. Tm calculadas desde los distintos modelos, estación SRLP (RS: SAZR), 00 h UTC.

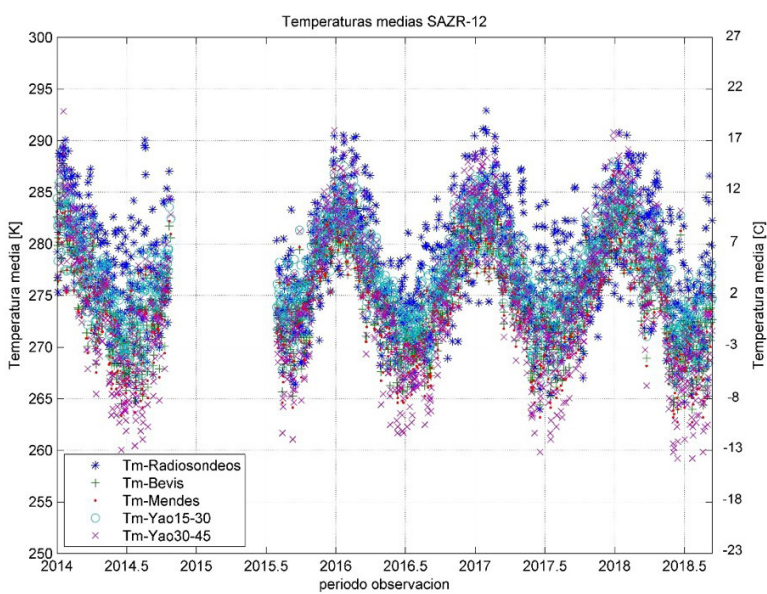


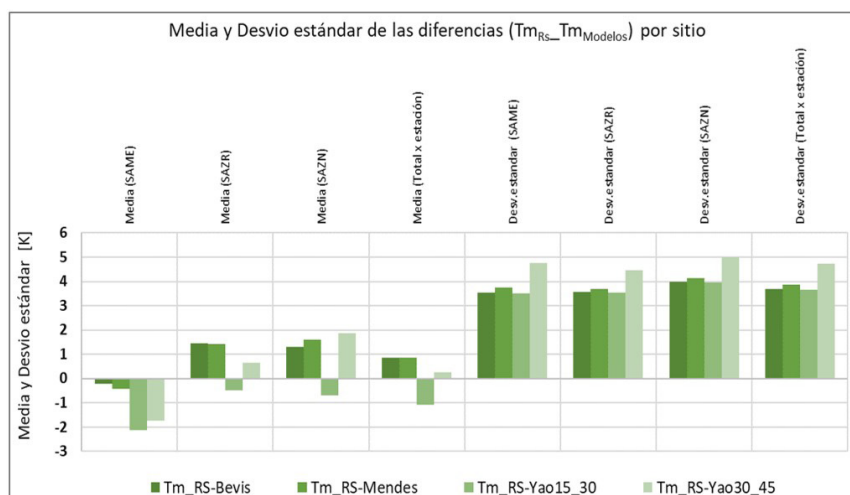
Figura 7. Tm calculadas desde los distintos modelos, estación SRLP (RS: SAZR), 00 h UTC.

**Validación de los modelos de Tm comparados**

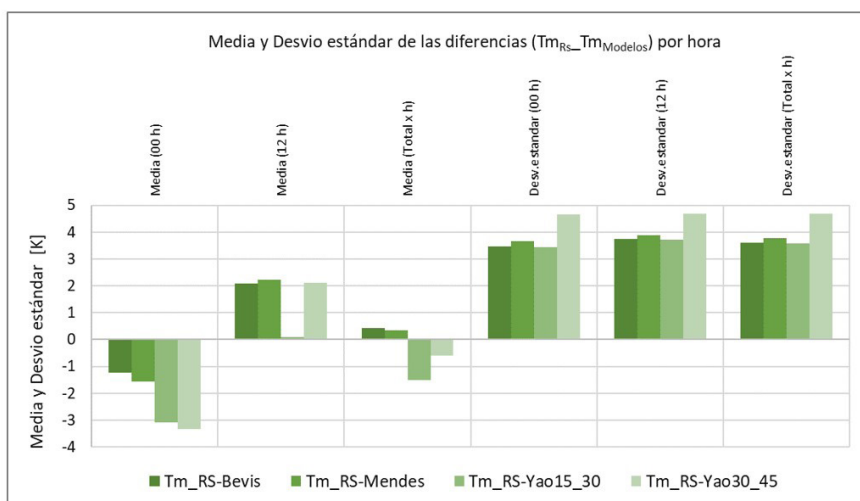
Con los valores de Tm obtenidos se calcularon las diferencias con respecto a Tm obtenida de la integración de radiosondeos ( $Tm_{RS} - Tm_{Bevis}$ ,  $Tm_{RS} - Tm_{Mendes}$ ,  $Tm_{RS} - Tm_{Yao_{15-30}}$ ,  $Tm_{RS} - Tm_{Yao_{30-45}}$ ).

Para cada uno de los modelos se calculó el desvío estándar y la media (sesgo) de las diferencias respecto a las Tm calculadas con los perfiles de radiosondeo. Teniendo en cuenta que la Tm depende en gran medida del sitio, se calculó el desvío estándar y el sesgo medio para cada sitio (Figura 9), y se promediaron los índices estadísticos entre las tres estaciones. De igual manera se compararon las variables estadísticas con respecto a los dos horarios analizados (Figura 10).

Analizando el desvío estándar y rango (diferencias entre valores máximos y mínimos) de la muestra (tabla 4), tanto en el análisis por hora, como por estación, el modelo de Yao<sub>30-45</sub> presenta la mayor dispersión. Si analizamos la media de las diferencias como indicador del sesgo, tanto en sus valores promedios por sitio y por horario, el modelo mencionado presenta en algunos casos sesgo positivo y en otros negativos. Por todo lo mencionado, se concluye que el modelo de Yao<sub>30-45</sub> es el que menos representa la variabilidad de Tm comparado con los valores de Tm de radiosondeo. Por lo cual, no fue considerado en la segunda parte del análisis.



**Figura 9.** Comparación de los 4 modelos de Tm [K] con respecto a Tm de radiosondeo, por sitio (SAME, latitud: 32 ° S, SAZR, latitud: 36,5 ° S y SAZN, latitud: 36,7 ° S).



**Figura 10.** Comparación de los 4 modelos Tm [K], con respecto a Tm de radiosondeo, diurno (12 h), nocturno (00 h) y promedio.

Artículo completo

Ciencias Ambientales, Agroindustrias y de la Tierra

Tabla 4. Rangos promedios del total de la muestra, por sitio y por horario para cada modelo analizado.

	Tm_RS-Bevis	Tm_RS-Mendes	Tm_RS-Yao15_30	Tm_RS-Yao30_45
Rango (Total x estación)	23,125	23,838	22,965	<b>27,670</b>
Rango (Total x h)	22,869	23,529	22,720	<b>27,039</b>
Rango (Total Gral)	22,996	23,697	22,838	<b>27,284</b>

En un segundo análisis se compararon los valores medios (promedios de las 3 estaciones, para los 2 horarios) de la «media» de las diferencias, como indicador del sesgo de la Tm calculada por cada uno de los modelos analizados con respecto a la Tm de radiosondeo y el «desvío estándar», como índice de dispersión (tabla 5).

Tabla 5. Estadísticos promedios de la comparación de los modelos Tm [K].

	Tm_RS-Bevis	Tm_RS-Mendes	Tm_RS-Yao15_30
Media (sesgo)	0,75	0,72	-1,18
Desv. estándar	3,64	3,80	3,62

Los modelos de Tm de Mendes y Bevis presentan los menores valores de media. Analizando el desvío estándar, los tres modelos resultaron muy similares, lo cual se observa con mayor detalle en las figuras 9 y 10. Si bien el modelo de Mendes presenta una dispersión mayor (0,2 K) que los otros dos modelos, tal diferencia no es significativa dada la precisión que se requiere en la Tm para el cálculo del iwv. Por todo lo mencionado podemos concluir que tanto el modelo de Mendes como el de Bevis pueden ser utilizados para calcular la Tm de la atmósfera representando la variabilidad espacial y temporal, en la región centro oeste de Argentina para el periodo de estudio (2014-2018).

**Validación de los 3 grupos de coeficientes de la refracción**

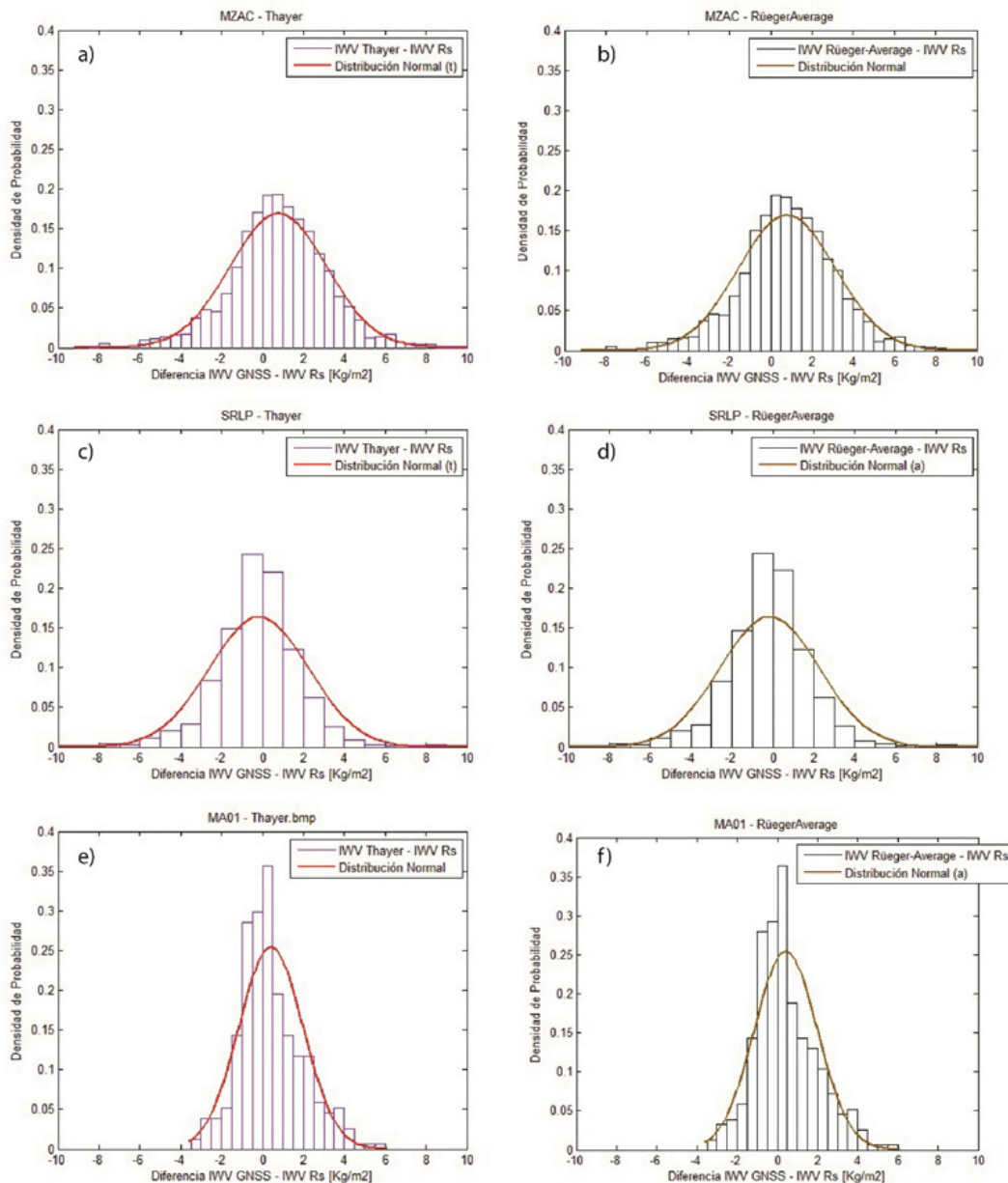
En los tres sitios de validación se calcularon las diferencias entre los iwv calculados desde el ZTD aplicando los 3 grupos de coeficientes y los iwv extraídos de los correspondientes radiosondeos ( $IWV_{GNSI} - IWV_{RS}$ ).

En primer lugar se calcularon los valores medios (sesgo) y el desvío estándar de las diferencias (Tabla 6).

Tabla 6. Índices estadísticos «media y desvío estándar» de las diferencias  $IWV_{GNSI,ki} - IWV_{RS}$ , por sitio.

Modelo (i) Estaciones	Media [kg/m2]			Desvío estándar [kg/m2]		
	Thayer	Rüeger best available	Rüeger best average	Thayer	Rüeger best available	Rüeger best average
MZAC (RS:SAME)	0,770	0,781	0,787	2,358	2,356	2,356
SRLP (RS:SAZR)	-0,179	-0,169	-0,163	2,425	2,425	2,425
MA01(RS:SAZN)	0,413	0,420	0,425	1,569	1,569	1,570
Promedio total	0,335	0,344	0,350	2,117	2,117	2,117

Se observa que el sesgo y la dispersión de las diferencias es característico del sitio, y no permite determinar diferencias entre los iwv calculados con los distintos grupos de coeficientes. Para poder evaluar la significancia de las diferencias entre los iwv calculados aplicando los distintos grupos de coeficientes, se realizaron pruebas estadísticas, de normalidad y de hipótesis.



**Figura 11.**  $IWV_{GNSS}$  (con coeficientes de Thayer) -  $IWV_{RS}$  [a] GNSS: MZAC-RS:SAME; c) GNSS: SRLP -RS:SAZR ; e) GNSS: MA01 -RS:SAZN].  $IWV_{GNSS}$  (con coeficientes de Rieger «best average») -  $IWV_{RS}$  [b] GNSS: MZAC-RS:SAME; d) GNSS: SRLP -RS:SAZR ; f) GNSS: MA01 -RS:SAZN].

En la figura 11 se pueden observar los histogramas de las diferencias en los 3 sitios, aplicando los coeficientes de Thayer (Figura 11, a, c y e), y aplicando los coeficientes de Rieger «best average» (Figura 11, b, d y f). La distribución de error aplicando los coeficientes de Rieger «best available» dio muy similar al anterior (no se muestra). Si bien de la observación de los histogramas se percibe una distribución normal, la significancia de las pruebas de normalidad aplicadas (Kolmogorov-Smirnov y Shapiro-Wilk) en cada sitio, indicaron que las muestras no presentan distribución normal, por lo cual se realizaron pruebas de hipótesis «No paramétricas».

Se aplicó la prueba «no paramétrica ANOVA de una vía de Kruskal-Wallis», por tratarse de 3 variables a comparar. La prueba estadística se aplicó por separado para cada estación, en todos los casos se consideró un  $\alpha=0,05$  (95% de confiabilidad). En la tabla 7 se detallan las significancias encontradas en cada sitio.

## Artículo completo

## Ciencias Ambientales, Agroindustrias y de la Tierra

Tabla 7. Significaciones asintóticas ANOVA, de Kruskal-Wallis, variables dependientes «dif(IWV<sub>GNS</sub>\_k-IWV<sub>RS</sub>) [kg/m<sup>2</sup>]»,  $\alpha=0,05$ .

Estación	Significaciones asintóticas prueba ANOVA de una vía de Kruskal-Wallis
MA01_SAZN	0,992
MZAC_SAME	0,970
SRLP_SAZR	0,959

En todos los casos la significancia (p valor) resultó mayor que 0,05 por lo cual se aceptó la hipótesis nula planteada: «no existen diferencias significativas entre las medias de las variables de los 3 grupos muestreados (diferencias entre los iwv calculados por cada uno de los 3 grupos de coeficientes y el iwv de radiosondeo)».

### Discusión y conclusiones

Como se ha expresado a lo largo del trabajo, conocer la variación espacial y temporal del contenido de vapor de agua en la atmósfera es de significativa importancia para estudios del clima tanto globalmente como regionalmente y puede resultar un considerable aporte a los modelos numéricos del tiempo. Sin embargo, la medición tradicional, de esta variable atmosférica es muy compleja y requiere de instrumentos de medición muy costosos, como es el caso de las radiosondas. Como consecuencia de esto, se identifican como limitantes: la insuficiente distribución de estaciones en el territorio argentino y el significativo faltante (54 %, promedio entre diurno y nocturno, para 5 años en 3 de 5 estaciones de radiosondas de Argentina analizadas) que se produce, cuando por diferentes motivos no se pueden realizar tales mediciones.

Se ha presentado como metodología alternativa, el cálculo del iwv desde los retardos cenitales en la señal GNSS de las estaciones continuas (Askne y Nordius, 1987).

En Calori *et al.* (2016) se aplica la metodología de cálculo descrita en el estudio de tormentas severas en los Andes Centrales Argentinos, utilizando el modelo de Mendes (1999) para el cálculo de la temperatura media y los coeficientes de refracción según Thayer (1974). Camisay *et al.* (2020) muestran un muy buen acuerdo entre los valores de iwv obtenidos desde los retardos cenitales troposféricos de estaciones GNSS y los correspondientes de radiosondeos en la región de estudio. En dicho trabajo se aplicó también el modelo de Mendes para calcular Tm y los coeficientes «best average» según Rüeiger (2002).

Basados en los antecedentes, se decidió realizar en este trabajo un análisis tanto de los modelos de cálculo de Tm, como de los coeficientes de la refracción a aplicar en el factor de proporcionalidad  $\Pi$ , que según Askne y Nordius (1987) permiten calcular el iwv desde el zwd. Considerando como referencia las variables tanto de iwv como de Tm, de las estaciones de radiosondeo. Se han evaluado 3 modelos de Tm (uno de ellos en dos aplicaciones) y 3 grupos de coeficientes de la refracción, en la región centro oeste de Argentina.

En lo que respecta al modelo de cálculo de la Tm, se concluye de la serie analizada (abril de 2014 a Junio de 2018) en tres sitios de estudio, que tanto el modelo denominado UNB98Tm1 desarrollado por Mendes (1999) como el modelo BTm desarrollado por Bevis *et al.* (1992) son los que mejor representan la variabilidad espacio-temporal de la temperatura media de la columna atmosférica en la región, confirmando los resultados obtenidos por Mackern *et al.* (2020), donde se compararon 10 sitios distribuidos a diferentes latitudes en América Latina.

En cuanto al análisis de los coeficientes de refracción, fueron analizados 3 modelos diferentes: Thayer (1974), Rüeiger «best average» y Rüeiger «best available» (Rüeiger, 2002). Del análisis de las medias y desvío estándar, de sus diferencias con respecto al iwv de radiosondeo, se observa un muy buen acuerdo entre los 3 grupos. Las diferencias encontradas, en los tres modelos resultan despreciables frente a la precisión en el cálculo del iwv (2 Kg/m<sup>2</sup>) que ofrece esta técnica indirecta (van Malderen *et al.*, 2014).

De los resultados de pruebas estadísticas de comparación de medias se concluyó con el 95% de confianza, que los valores calculados de iwv, con los 3 distintos grupos de coeficientes son homogéneos y representan la variabilidad temporal del iwv, considerando como referencia el iwv desde radiosondeos.

Se concluye que si bien Rüeiger, (2002) recomienda no usar los coeficientes de la refracción de Thayer, se ratifican los resultados de Fernández *et al.*, (2010) y Calori *et al.*, (2015), que mediante el uso de los mismos en la fórmula de Askne y Nordius

## Artículo completo

## Ciencias Ambientales, Agroindustrias y de la Tierra

(1987) han obtenido precisiones en el iwv desde los retardos húmedos en la señal GNSS en diferentes regiones de Argentina, similares a las logradas en estudios de América del Norte (Bevis *et al.*, 1992). Resultados muy similares se obtienen utilizando los coeficientes sugeridos por Rüeger, (2002).

Dado el acuerdo promedio que se ha encontrado en los tres sitios de validación se concluye que el iwv puede calcularse desde los retardos de la señal GNSS en las estaciones continuas de la región, con un sesgo promedio de 0,343 kg/m<sup>2</sup> y un desvío estándar medio de 2,117 kg/m<sup>2</sup> (Tabla 6). Estos resultados se encuentran dentro de los rangos de precisión publicados en estudio previos (Kuo *et al.*, 1993, Rocken *et al.*, 1993, Tregoning *et al.* 1998, Calori *et al.*, 2016, Mackern *et al.*, 2020) validados con radiómetros de vapor de agua, radiosondeos y productos finales del IGS.

Se verifica la metodología propuesta tanto en Calori *et al.*, (2016) como en Camisay *et al.*, (2020), resultando que en ambas se garantiza el cálculo de vapor de agua con la precisión mencionada. Ambos modelos han sido analizados en este trabajo para el cálculo de las variables necesarias, temperatura media y coeficientes de refracción, en las estaciones de la región CWA.

Como conclusión final de este trabajo, se destaca que es posible utilizar las 8 estaciones GNSS de la región como estaciones de monitoreo de iwv, implementando el modelo de cálculo detallado aplicando Askne y Nordius (1987) con  $T_m$  por Mendes (1999) o Bevis (1992) y los coeficientes ( $K_1$ ,  $K_2$  y  $K_3$ ) por Thayer (1974) o por Rüeger (2002). Este procedimiento permitirá aumentar significativamente el muestreo de la variable iwv con intervalos de 1 hora (intervalo de los ZTD estimados desde el procesamiento de observaciones GNSS), complementando los únicos dos valores diarios (00 y 12 h UTC) que se obtiene tradicionalmente en sólo tres estaciones de radiosondeo, de la región.

Por último, cabe mencionar que esta metodología es extrapolable a todo el territorio argentino, pudiendo ampliar la cantidad de sitios de monitoreo de iwv, desde 5 estaciones de radiosondeo (7 según el periodo), a aproximadamente 40 estaciones GNSS argentinas incorporadas en el procesamiento de la red continental SIRGAS-CON. Las cuales son procesadas actualmente y cuentan con sus correspondientes series temporales de ZTD, para 5 años (2014-2019), ya calculadas y validadas (Mackern *et al.*, 2020).

#### Agradecimientos

Los autores agradecen la tarea silenciosa de los responsables de las estaciones GNSS, los centros de datos y los centros de análisis SIRGAS (CHL, DGF, ECU, IBG, IGA, LUZ, URY y UNA), sin los cuales esta investigación no hubiera sido posible.

Los datos de ERAinterim utilizados fueron proporcionados por ECMWF. Los datos de radiosonda fueron proporcionados por Wyoming Weather Web, Universidad de Wyoming.

## Artículo completo

## Ciencias Ambientales, Agroindustrias y de la Tierra

## Bibliografía

- Askne, J. and Nordius, H. (1987). Estimation of tropospheric delay for microwaves from surface weather data. *Radio Sci.*, 22, 379-386, <https://doi.org/10.1029/RS022i003p00379>
- Barindelli, S., Realini, E., Venuti, G., Fermi, A., Gatti, A., (2018). Detection of water vapor time variations associated with heavy rain in northern Italy by geodetic and low-cost GNSS receivers. *Earth Planets Space* 70, 28. <https://doi.org/10.1186/s40623-018-0795-7>.
- Berrisford, P, Dee, DP, Poli, P, Brugge, R, Fielding, M, Fuentes, M, Källberg, PW, Kobayashi, S, Uppala, S, Simmons, A, (2011). «The ERA-Interim archive Version 2.0». *ERA Report*. Shinfield Park, Reading, 11/2011
- Bevis M, Businger S, Herring TA, Rocken C, Anthes RA, Ware RH (1992). GPS meteorology: remote sensing of atmospheric water vapor using the global positioning system. *J Geophys Res* 97(D14):15787-15801
- Bianchi, C.E., Mendoza, L.P.O., Fernández, L.I., Natali, M.P., Meza, A.M., Moirano, J.F., (2016). Multi-year GNSS monitoring of atmospheric Iwv over Central and South America for climate studies. *Ann. Geophys.* 34, 623-639.
- Bock, O. and Parracho, A.C (2019). Consistency and representativeness of integrated water vapour from ground-based GPS observations and ERA-Interim reanalysis. *Atmos. Chem. Phys.* 2019, 19, 9453-9468.
- Bonafoni, S., Mazzoni, A., Cimini, D., Montoponi, M., Pierdicca, N., Basili, P., Ciotti, P., Carlesimo, G., (2013). «Assessment of water vapor retrievals from a GPS receiver network», *GPS Solutions*, vol. 17, n. 4, pp. 475-484, 2013.
- Brunini, C., Sánchez, L., Drewes, H., Costa, S., Mackern, V., Martínez, W., Seemuller, W., da Silva, A., (2012). Improved Analysis Strategy and Accessibility of the SIRGAS Reference Frame, in: Kenyon S., Pacino M., Martí U. (Eds), Geodesy for Planet Earth. *International Association of Geodesy Symposia*, vol 136. Springer, Berlin, Germany, pp. 3-10.
- Bruyninx, C., Legrand, J., Fabian, A. et al. GNSS metadata and data validation in the EUREF Permanent Network. *GPS Solut* 23, 106 (2019). <https://doi.org/10.1007/s10291-019-0880-9>
- Calori, A.V., Colosimo G., Crespi, M., Mackern, M.V., (2015). Comparison of different techniques for retrieving the ZWD over South America and surrounding oceans. *International Association of Geodesy Symposia* vol. 142
- Calori, A., Santos, J.R., Blanco, M., Pessano, H., Llamedo, P., Alexander, P., de la Torre, A., (2016). Ground-based GNSS network and integrated water vapor mapping during the development of severe storms at the Cuyo region (Argentina). *Atmos. Res.* 176-177, 267-275.
- Camisay, M.F., J.A. Rivera, M.L. Mateo, P.V. Morichetti, M.V. Mackern, (2020). Estimation of integrated water vapor derived from Global Navigation Satellite System observations over Central-Western Argentina (2015-2018). Validation and usefulness for the understanding of regional precipitation events. *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*, Volume 197, 2020, 105143, ISSN 1364-6826, <https://doi.org/10.1016/j.jastp.2019.105143>.
- Cioce V., Martínez W., Mackern M.V., Pérez R., De Freitas, S., (2018). SIRGAS: Reference frame in Latin America. *Coordinates*, Vol. XIV, Issue 6, 6-10, June 2018. ISSN 0973-2136.
- Davis, J.L., Herring, T.A., Shapiro, I., Rogers, A.E., Elgeded, G., (1985). Geodesy by Interferometry: Effects of Atmospheric Modeling Errors on Estimates of Base Line Length. *Radio Sci.*, vol. 20, 1593-1607
- Dee, D.P., Uppala, S.M., Simmons, A.J., et al., (2011). The ERA-Interim reanalysis: configuration and performance of the data assimilation system. *Q. J. R. Meteorol. Soc.* 137, 553-597. <http://dx.doi.org/10.1002/qj.828>.
- Dessler, A. E., and S. M. Davis (2010). Trends in tropospheric humidity from reanalysis systems, *J. Geophys. Res.*, 115, D19127, doi:10.1029/2010JD014192
- Fernández, L.I., Salio, P., Natali, M.P., Meza, A.M., (2010). Estimation of precipitable water vapour from GPS measurements in Argentina: Validation and qualitative analysis of results. *Advances in Space Research* 46, 879-894
- Fujita, M., Sato, T., (2017). Observed behaviours of precipitable water vapour and precipitation intensity in response to upper air profiles estimated from surface air temperature. *Nat. Sci. Rep.* 7, 4233. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-04443-9>.
- Guerova, G., Jones, J., Douša, J., Dick, G., de Haan, S., Pottiaux, E., Bock, O., Pacione, R., Elgered, G., Vedel, H., and Bender, M. (2016). Review of the state of the art and future prospects of the ground-based GNSS meteorology in Europe, *Atmos. Meas. Tech.*, 9, 5385-5406, <https://doi.org/10.5194/amt-9-5385-2016>.
- Guerova, G., Slavchev, M., Mitzeva, R., Dimitrova, T., Simeonov, T., (2013). *Use of GNSS water vapour for severe weather studies in Bulgaria: hail and heavy rain in 2012*. In: European Conference on Severe Storms 2015, m14-18 September 2015, Wiener Neustadt, Austria. ECSS2015-E2039-1.
- Herring TA (1992). *Modelling atmospheric delays in the analysis of space geodetic data*. In: DeMunk JC, Spoelstra TA (ed) *Modelling atmospheric delays in the analysis of space geodetic data*, in symposium on refraction of transatmospheric signals in geodesy, Netherlands Geodesy Commis. Ser. 36, edited by J. C. DeMunk and T. A. Spoelstra. Ned. Comm. Voor Geod., Delft, pp 157-164
- Jarlemark, O. J. (1994). Studies of Wet Delay Algorithms for Three European Sites Utilising New Attenuation Models. *Research Report No. 171*, Chalmers Tekniska Högskola, Göteborg, Sweden.
- Kuo, Y.-H., Guo, Y.-R., and Westwater, E. R. Assimilation of Precipitable Water Measurements into a Mesoscale Numerical Model, *Mon. Weather. Rev.*, 121, 1215-1238, doi:10.1175/1520-0493(1993)121<1215:CO;2>1.0.CO;2, 1993.
- Mackern M.V, Mateo, M.L., Camisay, M.F. and Morichetti, P.V., *Tropospheric Products from High-Level GNSS processing in Latin America*. International Association of Geodesy Symposia, [https://doi.org/10.1007/1345\\_2020\\_119](https://doi.org/10.1007/1345_2020_119), (2020)
- McMurdie, L.A., Katsaros, K.B., (1996). Satellite-derived integrated water vapor and rain intensity patterns: indicators for rapid cyclogenesis. *Weather Forecast.* 11, 230-245



## Artículo completo

## Ciencias Ambientales, Agroindustrias y de la Tierra

- Mendes, V.B. (1999). *Modeling the Neutral-Atmosphere Propagation Delay in Radiometric Space Techniques*, (Ph.D. dissertation). Department of Geodesy and Geomatics Engineering Technical Report No 199, Univ. of New Brunswick, Canada
- Mieruch, S., M. Schröder, S. Noël, and J. Schulz (2014)., Comparison of decadal global water vapor changes derived from independent satellite time series, *J. Geophys. Res. Atmos.*, 119, 12,489-12,499, doi:10.1002/2014JD021588
- Pacione R, Araszkiwicz A, Brockmann E, Dousa J (2017). EPN-Repro2: a reference GNSS tropospheric data set over Europe. *Atmos Meas Tech* 10:1689-1705. <https://doi.org/10.5194/amt-10-1689-2017>
- Rocken, C., Ware, R., Van Hove, T., Solheim, F., Alber, C., Johnson, J., Bevis, M., and Businger, S. Sensing Atmospheric Water Vapor with the Global Positioning System, *Geophys. Res. Lett.*, 20, 2631-2634, doi:10.1029/93GL02935, 1993.
- Rüeiger, J.M. (2002). *Refractive index formula for radio waves*, Proc. xxii FIG Int. Congr., April 19-26, 2002, Web. [http://www.fig.net/resources/proceedings/fig\\_proceedings/fig\\_2002/Js28/JS28\\_rueiger.pdf](http://www.fig.net/resources/proceedings/fig_proceedings/fig_2002/Js28/JS28_rueiger.pdf)
- Sánchez, L., Drewes, H., Brunini, C., Mackern, M.V., Martínez-Díaz, W., (2015). SIRGAS core network stability, in: Rizos C., Willis P. (Eds), IAG 150 Years. *International Association of Geodesy Symposia*, vol. 143. Springer, Cham, Switzerland, pp. 183-191.
- Smith, B.L., Yuter, S.E., Neiman, P.J., Kingsmill, D.E., (2010). Water vapor fluxes and orographic precipitation over northern California associated with a landfalling atmospheric river. *Mon. Weather Rev.* 138, 74-100.
- Thayer, G. D. (1974). An Improved Equation for the Radio Refractive Index of Air. *Radio Science*, 9(10): 803-807
- Tregoning, P., Boers, R., O'Brien, D., Hendy, M., (1998). Accuracy of absolute precipitable water vapor estimates from GPS observations. *J. Geophys. Res.* 103. doi:10.1029/98JD02516.
- Trenberth, K.E., Fasullo, J., Smith, L., (2005). Trends and variability in column-integrated atmospheric water vapor. *Clim. Dyn.* 24, 741-758.
- Van Baelen J., Aubagnac J.P., Dabas, A., (2005). Comparison of Near-Real Time Estimates of Integrated Water Vapor Derived with GPS, Radiosondes, and Microwave Radiometer. *J. Atmos. Oceanic Technol.*, 22, 201-210
- Van Malderen, R., Brenot, H., Pottiaux, E., Beirle, S., Hermans, C., De Mazière, M., Wagner, T., De Backer, H., and Bruyninx, C. A multi-site intercomparison of integrated water vapour observations for climate change analysis, *Atmos. Meas. Tech.*, 7, 2487-2512, <https://doi.org/10.5194/amt-7-2487-2014>, 2014.
- Wang, S.; Xu, T.; Nie, W.; Jiang, C.; Yang, Y.; Fang, Z.; Li, M.; Zhang, Z (2020). Evaluation of Precipitable Water Vapor from Five Reanalysis Products with Ground-Based GNSS Observations. *Remote Sens.* 2020, 12, 1817.
- Yao, Y., Zhang, B., Xu, C., Chen, J., (2014). Analysis of the global Tm-Ts correlation and establishment of the latitude-related linear model. *Chin. Sci. Bull.* 59 (19), 2340-2347.



---

# Ciencias Sociales y Humanas

---

## Instrumentación de un protocolo institucional para la vinculación tecnológica

### *Enforcement of an institutional protocol for technology transfer*

Ferrón, L. M.<sup>1</sup>; Davies Sala, M. G.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Ambiente, Hábitat y Energía (INAHE) CCT Mendoza, CONICET.

<sup>2</sup>Dirección General de Promoción Científica y Técnica, Ministerio de Educación, Provincia de Chubut.

**Contacto:** lferron@mendoza-conicet.gob.ar  
Ferrón, Leandro Martín.  
Teléfono: +54 9 261 526 1045  
Av. Ruiz Leal S/N, Pque. Gral San Martín

**Palabras claves:** vinculación tecnológica, implementación, protocolo

**Keywords:** technological transfer, enforcement, protocol

#### Resumen

En una visión general, el proceso de transferencia de tecnología puede considerarse como un conjunto de acciones que se realizan para materializar el paso de la tecnología desde su origen a su destino. Estas acciones han sido plasmadas en diferentes manuales o protocolos que operan en el espacio de articulación entre la organización interna de las Oficinas de Vinculación Tecnológica y los aspectos motivacionales que mueven a los investigadores a realizar transferencias tecnológicas y de conocimiento. En este trabajo se propone analizar los pormenores en el proceso de diseño e instrumentación de un protocolo institucional para la vinculación tecnológica y social y la valoración de su uso por parte de los recursos humanos, tomando como caso de estudio una unidad de CONICET de reciente formación. El diseño del protocolo aplicado se basó en la Fase I de la Estrategia de Gestión Tecnológica de proyectos del Instituto de Ciencias Aplicadas y Tecnología, UNAM, México. Los resultados se presentan detallando el INSUMO-actividades-Output de cada etapa, y muestran que es necesario abordar aspectos relacionados con la cultura organizacional y las motivaciones individuales de los investigadores, con el fin de desarrollar estrategias para el diseño e implementación de protocolos de vinculación institucional que contemplen las características particulares de diversos perfiles institucionales y grupos humanos.

#### Abstract

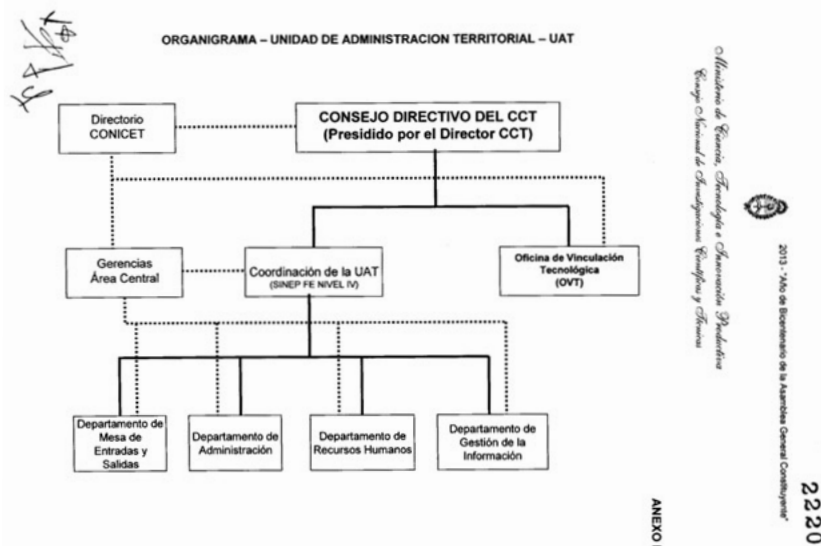
*In an overview, technology transfer process can be consid-*

*ered as a set of actions that are carried out to materialize the passage of technology from its origin to its destination. These actions have been embodied in different manuals or protocols that operate in the space between the internal organization of the Technological Transfer Offices and the motivational aspects that move researchers to carry out technological and knowledge transfers. In this work we analyze the process of design and enforcement of an institutional protocol for the technological and social transfer, and we assess the valuation of its use by human resources, taking as a case of study a recently formed institute of CONICET. The design of the applied protocol was based on Phase I of the Technological Management Strategy of projects of the Instituto de Ciencias Aplicadas y Tecnología, UNAM, México. The results are presented detailing the INSUMO-activities-Output of each stage, and show that it is necessary to address aspects related to the organizational culture and the individual motivations of the researchers, in order to develop strategies for the design and implementation of linkage protocols. institutional that contemplate the particular characteristics of diverse institutional profiles and human groups.*

**Introducción**

En la actualidad existen nuevos abordajes políticos de la ciencia y la tecnología enfocados principalmente al estudio y caracterización de las relaciones entre los diferentes elementos que componen el sistema CyT, que apuntan a fortalecer la articulación entre el sector científico-tecnológico y el productivo, con el objeto de hacer frente a las demandas manifiestas por la sociedad (Lundvall, 1992; Nelson, 1992). En este marco, y desde una perspectiva institucional, desde fines de los 90s los Estados identificaron la necesidad de crear entidades que cumplan la función de nexo entre diferentes actores, permitiendo aprovechar los avances en el conocimiento por los sectores productivos (Molas-Gallart *et al.*, 2008). Atento a este requerimiento, el CONICET introdujo una serie de estrategias y cambios en su estructura organizacional (Decreto 310/2007 [Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas] de 2006, por la cual se aprueba la estructura organizativa del organismo, 29 de marzo de 2007, Secretaría de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva del Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología) generando mecanismos institucionales que promuevan y faciliten a los investigadores y profesionales de apoyo ejecutar acciones de transferencia de tecnologías y conocimientos. Surgió así un área específica orientada a la vinculación tecnológica, acompañada en territorio por las llamadas Oficinas de Vinculación Tecnológica (Res. N° 2220 [Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas] de 2013, por la cual se crea la Oficina de Vinculación Tecnológica, 28 de junio de 2013, Secretaría de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva del Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología), como estructuras de interfaz con la función de articular las relaciones entre distintos actores en el sistema y dar solución a las barreras que obstaculizaban las relaciones entre ellos, pero sin constituirse en generadores de insumos tecnológicos o de conocimientos por si mismos (Molas-Gallart *et al.*, 2008; Fernández-de-Lucio *et al.*, 2000) (Figura 1, organigrama institucional).

Figura 1: Organigrama institucional del CONICET.



La jerarquización del área de vinculación, que a través de los años adquirió rango de Gerencia de Vinculación Tecnológica (GVT, que actúa como unidad de enlace entre las demandas de innovación tecnológica de los diversos sectores de la sociedad y los equipos de investigadores y profesionales del CONICET capaces de responder a esos requerimientos, desarrolla su actividad en la sede central del Consejo en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires y coordina una red nacional de 17 Oficinas de vinculación tecnológica), y el trabajo de las Oficinas de vinculación tecnológica (ubicadas en los Centros Científicos Tecnológicos, prestando asistencia técnica, en articulación con la GVT, para la gestión y coordinación de actividades de vinculación) distribuidas en una red federal, así como la definición e identificación de acciones de transferencia, que en la práctica se instrumentaron como herramientas administrativas para la sistematización de la vinculación tecnológica (servicios tecnológicos de alto nivel, convenios y asesorías individuales, entre otros), mostró resultados positivos inmediatos en el flujo de trabajo de las acciones que enlazaban al CONICET con la sociedad. Sin embargo, en el largo plazo fue posible percibir una ralentización de los procesos de vinculación tecnológica y social entre la institución y el medio socio productivo, y cuya explicación puede estar relacionada con diversos factores: desde inconsistencias entre el espíritu de las herramientas administrativas previstas por CONICET y la naturaleza de muchas de las acciones de vinculación llevadas adelante por los investigadores, la burocratización de procesos, la poca autonomía territorial para la gestión administrativa de las OVTs, los conflictos en la identificación de interlocutores institucionales por parte de los demandantes (referentes de vinculación vs. investigadores)

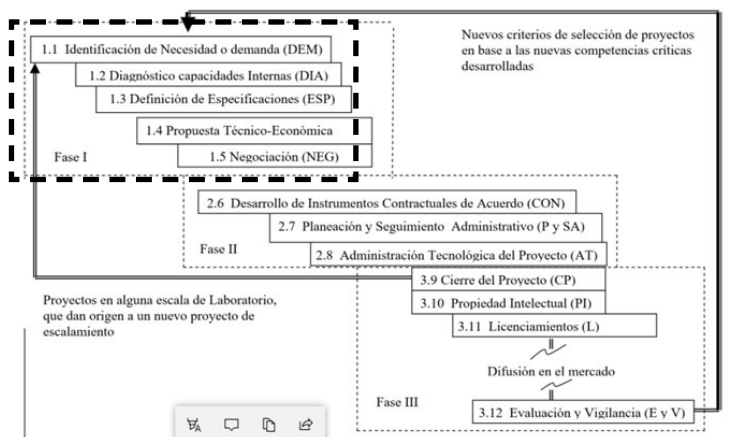
o la falta de claridad en los procesos de gestión de la vinculación en la triada OVT-UVT-investigador, hasta la poca asimilación de las acciones de vinculación en la cultura organizacional y la tergiversación del uso de algunas de las herramientas. En una visión general, el proceso de transferencia de tecnología puede considerarse como un conjunto de acciones que se realizan para materializar el paso de la tecnología desde su origen a su destino, en el que es posible identificar una serie etapas que son necesarias para iniciar, desarrollar y culminar de manera exitosa los procesos de vinculación. Estas acciones han sido plasmadas en diferentes manuales de acción o protocolos (Vega-González, L.R., 2011), que sitúan su acción en la articulación entre la organización interna de las OVTs y los aspectos motivacionales que mueven a los investigadores a realizar transferencias tecnológicas y de conocimiento. Atendiendo a la falta de información que relate experiencias específicas, en este trabajo proponemos analizar los pormenores en el proceso de diseño e instrumentación de un protocolo institucional para la vinculación tecnológica y social y la valoración de su uso por parte de los RRHH, tomando como caso de estudio una unidad de CONICET de reciente formación.

**Metodología**

Los datos utilizados en este trabajo se obtuvieron a partir de la sistematización de experiencias adquiridas en la tarea de desarrollo e implementación del uso de un protocolo para la vinculación tecnológica y social en el Instituto de Ambiente, Hábitat y Energía (INAHE), una unidad ejecutora del CCT-Mendoza, CONICET. Esta Unidad Ejecutora, conformada en octubre de 2015, muestra en su organigrama 6 líneas de investigación, en las que trabajan 18 investigadores, 9 profesionales de apoyo y 19 becarios en etapas doctoral o posdoctoral. Como grupo de trabajo, el INAHE tuvo sus orígenes en el Laboratorio de Ambiente Humano y Vivienda, fundado en 1976, con lo que acumula más de 30 años de experiencia en las temáticas que aborda. Esta situación deviene en un perfil institucional de doble faz. Por un lado, se trata de un grupo humano consolidado, con dinámicas interpersonales de larga data y una cultura organizacional instaurada (alineada en mayor o menor medida con la cultura organizacional de CONICET) y por otro, es una figura institucional de reciente formación, con una clara intencionalidad de generar desarrollos con impacto en el sector socio-productivo, en esferas tanto públicas como privadas, y por ende, con necesidad de instrumentar estrategias que promuevan y faciliten la vinculación en sus aspectos tecnológicos y sociales.

Para el diseño de un protocolo de vinculación institucional (PVI) para el INAHE se estudiaron diferentes modelos, seleccionando como principal referencia la Fase I de la Estrategia de Gestión Tecnológica de proyectos del Instituto de Ciencias Aplicadas y Tecnología (ICAT), una entidad académica perteneciente a la Coordinación de la Investigación Científica de la UNAM, México. Este esquema general de la Estrategia de Gestión Tecnológica comprende desde la etapa de identificación o necesidad de la demanda hasta la evaluación y vigilancia de los resultados de la transferencia en el mercado. En nuestro caso, a escala Unidad Ejecutora, sólo fue necesario protocolizar las primeras etapas del proceso de vinculación (coincidentes con la Fase I del ICAT - Figura 2), ya que las Fases más avanzadas del proceso se encontraban contempladas por las capacidades del sistema institucional de gestión de la vinculación de CONICET (OVTs, GVT y UVTs).

Figura 2: Estrategia de Gestión Tecnológica de proyectos del ICAT.



El pvi diseñado se presentó inicialmente a todo el personal del instituto, invitando a los integrantes a realizar las devoluciones que consideraran necesarias tanto en esa instancia como en instancias posteriores, explicando que se trataba de una herramienta en proceso de elaboración y mejora continua. De esta manera, desde su primera versión el protocolo fue adoptando modificaciones en función del consenso de los involucrados en actividades de investigación y transferencia. La propuesta final se dio a conocer y se puso a consideración de los RRHH del instituto mediante seminarios organizados de forma transversal a todas las líneas de investigación y a todos los estamentos, haciendo uso del diseño de una infografía para una comunicación clara y concisa de la herramienta a todo el personal (Figura 3).

Para complementar su debida implementación, se elaboraron además una serie de soportes online utilizando herramientas institucionales o de acceso libre, que incluyen una pestaña «Vinculación y servicios» en la web del instituto, un formulario de solicitud de servicio, y la difusión interna de la demanda mediante e-mail. Durante su uso, se inició la escritura de un documento con el fin de registrar de forma pormenorizada la experiencia adquirida en cada etapa, apuntando a la sistematización del proceso de vinculación institucional.

Figura 3: Infografía del Protocolo de Vinculación, utilizada para la difusión entre investigadores.



## Artículo completo

## Ciencias Sociales y Humanas

El PVI fue implementado como prueba piloto en el INAHE durante un período de 36 meses, con objetivos en diversos niveles, entre ellos:

- Formalizar las acciones de vinculación del instituto mediante las herramientas administrativas creadas por el CONICET para tal fin.
- Sistematizar las tareas inherentes a las acciones de vinculación del instituto.
- Lograr un abordaje transversal de problemáticas del sector socio-productivo
- Fortalecer los vínculos de colaboración entre diferentes grupos y líneas de investigación.

### Resultados

Se exponen a continuación los elementos estructurales que conforman el protocolo, incluyendo los insumos, procesos y productos de cada una de sus etapas, y se describen los aspectos operativos de la implementación del protocolo de vinculación INAHE, atendiendo especialmente a las observaciones prácticas de su uso, con el objetivo de aportar conocimientos de base empírica al campo de la vinculación.

### Descripción de actores

El diseño del PVI requirió de una instancia de conceptualización en la que se identificaron los principales actores involucrados en el proceso. Entre ellos podemos distinguir:

- Demandante o solicitante: Actor del sector privado o público, institucional o particular, que entra en contacto con cualquier agente de CONICET buscando respuesta a una demanda particular.
  - Instituto: Unidad Ejecutora (UE) de CONICET.
  - Secretaría: Oficina perteneciente al organigrama de la UE, que ejerce funciones de asistente de dirección o administrativo, y que está encargada de supervisar los asuntos de gestión institucional.
  - Área de Vinculación: Oficina encargada de llevar adelante todas las gestiones relacionadas con la vinculación entre la UE y el medio socio-productivo. En caso de no existir esta área, sus funciones podrían ser asumidas por la secretaria.
  - OVT-CONICET: Oficina de Vinculación Tecnológica, perteneciente al organigrama de los Centros Científicos Tecnológicos (CCT).
  - GVT-CONICET: Gerencia de Vinculación tecnológica.
  - UVT: Unidad de Vinculación Tecnológica, actúa como ente administrativo, facturando por cuenta y orden de CONICET.
- 
- Cabe mencionar que previo al diseño del PVI se realizó un relevamiento de las capacidades institucionales que podían resultar idóneas para la conformación de una oferta de servicios o asesorías científicas, con el objetivo utilizar esta información en articulación con la OVT.

### Etapas

Las primeras observaciones en el uso del protocolo mostraron la necesidad de comprender que el proceso de vinculación funciona como un conjunto de «momentos» o «etapas» que no responden necesariamente a un proceso lineal. Es decir que, si bien la estructura establece un orden preferencial en el avance de la gestión de la vinculación, en la práctica comprobamos que las acciones de vinculación del instituto llegan al área de vinculación por medio de diferentes canales, tanto formales como informales, y sobre todo, en diferentes estadios de avance de su gestión, merced a las gestiones previas llevadas adelante por los investigadores, por lo que es necesario asumir que el protocolo y su aplicación deben ser suficientemente flexibles para absorber la heterogeneidad de situaciones que se presentan, hasta tanto se asimile institucionalmente la utilización esperada de la herramienta.

### Identificación

- Se detectó que las demandas pueden llegar al CONICET por diversas vías, como pueden ser solicitudes externas realizadas directamente a CIC, CPA o becarios, consultas a la OVT, a la secretaria o a la dirección de las Unidades Ejecutoras, página web del instituto, entre otras. En esta etapa fue necesario sistematizar el ingreso de demandas, tanto en su formato como en su registro, así como la difusión de largo alcance a todo el personal del instituto.
- 1.

INSUMO: Se creó un formulario de demanda, disponible online en la página del Instituto (<https://www.mendoza.conicet.gov.ar/portal/inahe/paginas/index/vinculacion-y-servicios>).

Este formulario está asociado a un formulario Google para el registro de toda la actividad en formato digital. Una vez completado, un mensaje automático avisa al solicitante que será contactado por el equipo de vinculación en las próximas 76 hs Este plazo da tiempo para la difusión interna de la solicitud, y la definición de un perfil o equipo de trabajo (ver etapa 2).



**PROCESOS:** Envío de un e-mail desde el área de vinculación a todos los integrantes del instituto, comunicando el ingreso de la demanda. Se recomienda identificar el asunto, el número y el año de la demanda, acompañado de un título breve que explicite el tipo de requerimiento (ej. DEMANDA 001/2020: ENERGÍA RENOVABLE PARA EL SECTOR VITIVINICOLA). El cuerpo del e-mail incluirá un link a una planilla Google (de uso interno) para que los interesados en participar de la transferencia listen su nombre y su correo electrónico (<https://docs.google.com/>). Esta estrategia permite llevar una trazabilidad, registro y archivo de la información concerniente a cada demanda ingresada a la institución.

**PRODUCTO:** Información del formulario de demanda y listado de interesados en participar de la transferencia.

En la práctica, iniciamos el protocolo enviando el mail de demanda a todo el personal dos días consecutivos, abriendo y dando cierre al llamado dentro de 48 hs de recibida, pero si restringir la posterior participación de personas que no hayan respondido en esta primera etapa. La estrategia de difusión de las demandas hacia todos los integrantes del instituto buscaba propiciar la democratización y transversalización de la participación de CIC, CPA y becarios en las acciones de vinculación. Sin embargo, fue necesario introducir una modificación metodológica, consistente en la difusión personalizada de algunas demandas puntuales, a pedido de los investigadores o grupos de trabajo que recibieron o gestionaron inicialmente la solicitud.

#### **Diagnóstico de capacidades internas**

Una vez cerrado el llamado de demanda, la secretaría o el área de vinculación del instituto debe convocar una reunión con las personas que hayan listado su e-mail en la plantilla online, con el objeto de brindarles más información sobre la solicitud (si la hubiera), poner en común dudas o consultas, definir el equipo de trabajo y elegir un responsable de este. Se prevé que esta reunión quede registrada mediante un acta de formato estandarizado.

2. **INSUMO:** Información del formulario de demanda y listado de interesados en participar de la transferencia.

**PROCESOS:** Organización de una reunión con los interesados en participar de la transferencia. En esta instancia, la participación del personal de vinculación o de la OVT es deseable, aunque no obligatoria.

**PRODUCTO:** Acta de la reunión en formato estandarizado (ejecutada por los mismos participantes, o por la secretaría o el área de vinculación del instituto). Los ítems contenidos en el Acta comprenden: Planteo de dudas o consultas al demandante, equipo de trabajo conformado y elección de un/a responsable de equipo (típicamente, la persona con mayor experticia en el área de conocimiento), que será él o la encargada de establecer contacto directo con el demandante. Se debe expresar una fecha tentativa para concertar una reunión entre el responsable de equipo y el demandante. Con el fin de crear un compromiso en la participación de la vinculación, preferentemente el acta quedará firmada por los participantes de la reunión, aunque en la práctica esto se ha cumplido sólo en algunas ocasiones.

El acta debe ser remitida al área de vinculación del instituto (o a la secretaría) para organizar desde allí una reunión entre el solicitante y el responsable del grupo de trabajo en las fechas tentativas estipuladas. Cabe mencionar que la incorporación del uso de un acta se debió a una solicitud expresa de los investigadores, con motivo de dejar constancia de la conformación del grupo de trabajo y de la designación del responsable, ya que en las primeras experiencias la imprecisión de estos aspectos generó inconvenientes en la posterior gestión de las tareas.

#### **Definición de Especificaciones**

El objetivo de esta etapa es elaborar, junto al demandante, un brief de la transferencia, delimitando sin ambigüedades los alcances, y especialmente los límites, del trabajo a realizar.

**INSUMO:** Acta de la reunión en formato estandarizado.

3. **PROCESOS:** La secretaría o el área de vinculación concertará una reunión entre el demandante y el responsable del grupo de trabajo. En ésta se abordarán en profundidad los requerimientos de la vinculación solicitada y la capacidad de dar respuesta de forma parcial o integral a lo solicitado, así como los mecanismos y herramientas previstas por CONICET para la gestión de la vinculación.

**PRODUCTO:** El resultado de esta etapa es un documento informativo breve, conciso, completo y detallado del asesoramiento, producto o servicio que el demandante requiere del CONICET. Idealmente, será elaborado durante la reunión, y quedará firmado por ambas partes, sin resultar por ello vinculante para la aceptación o rechazo de la vinculación.

Cabe mencionar que en esta etapa no es necesario definir un presupuesto por las tareas a realizar, pero sí deben quedar explic-

## Artículo completo

## Ciencias Sociales y Humanas

itados ante el demandante los mecanismos administrativos de articulación (acuerdos de confidencialidad, STANS, Convenios o Asesorías) y de facturación (por cuenta y orden a través de una Unidad de Vinculación Tecnológica - UVT-) utilizados por CONICET. Se recomienda la asistencia de personal de la OVT.

**Propuesta Técnico-Económica**

El objetivo de esta etapa es establecer un presupuesto por la vinculación y definir la herramienta administrativa más adecuada según lo requerido.

INSUMO: Brief de vinculación.

PROCESOS: El investigador responsable coordinará una reunión con el equipo de trabajo conformado para la vinculación, con el objetivo de establecer un plan de trabajo y un presupuesto acorde a las tareas a realizar. Cabe mencionar que, en vinculaciones llevadas adelante por equipos de varias personas, esta etapa ha requerido más de una reunión y un plazo de entre 3 a 10 días hábiles para su concreción. Con asesoramiento del personal de la OVT se pre-seleccionará también cuál es la herramienta más

**4. adecuada para concretar la transferencia.**

PRODUCTO: Documento con propuesta/plan de trabajo. Presupuesto total y por etapas si fuera necesario. Pre-selección de herramienta administrativa.

**Ejecución**

Luego de atravesar las etapas previas, el responsable del grupo de trabajo, en conocimiento del área de vinculación o la secretaria, ingresará formalmente de la demanda a la OVT, que llevará adelante la elaboración de los documentos y la gestión administrativa de formularios frente a la GVT.

INSUMO: Datos del solicitante, plan de trabajo, presupuesto y herramienta sugerida (pre-seleccionada junto a la OVT en la etapa anterior)

PROCESOS: el responsable del grupo de trabajo enviará un mail comunicando formalmente de la demanda a la OVT. La OVT dará inicio a la gestión administrativa mediante el ingreso de la demanda al sistema y el envío de presupuesto al demandante. En la práctica, desde la OVT-Mendoza ha sido frecuente realizar consultas informales a la GVT con el fin de obtener asesoramiento en la selección de la herramienta más adecuada.

**5.**

PRODUCTO: Formularios de STAN (Servicios tecnológicos de alto nivel, actividades, en su mayoría estandarizadas, como ensayos, análisis, asesorías y consultorías institucionales, que cualquier institución -pública o privada- y /o empresa puede solicitar al CONICET), convenio o asesoría completos, cargados en sistema o presentados ante la GVT para su aprobación. Envío al solicitante documentación de STAN, convenio o asesoría con presupuesto y plan de trabajo anexo.

Se contempla que en cada Etapa del protocolo podrá estar presente personal de la OVT en un rol de asistencia, hasta tanto las secretarías, áreas de investigación y, finalmente, investigadores, profesionales de apoyo y becarios incorporen el uso del protocolo para las actividades de vinculación.

Cabe destacar que es deseable proyectar el desarrollo del protocolo hacia la informatización de todas sus etapas, estableciendo un registro electrónico de las acciones realizadas, y permitiendo llevar una trazabilidad del proceso de vinculación para cada caso particular.

**Discusión**

Los resultados expuestos relatan el recorrido empírico y las conceptualizaciones realizados durante el proceso de diseño e instrumentación de un protocolo de vinculación tecnológica y social en una institución abocada a la investigación científica. Atendiendo a la falta de literatura que aborde específicamente el proceso mencionado, la investigación se llevó adelante inicialmente con un objetivo meramente descriptivo. Sin embargo, lo que se esperaba elaborar como una sistematización de experiencias sobre un caso de estudio, mostró que, en la praxis, presenta complejidades de las que es posible elaborar conocimiento. Encontramos que en diversas ocasiones el protocolo requirió ser adaptado a situaciones y requerimientos específicos, atendiendo al nivel de aceptación por parte de los investigadores. Si bien el análisis de conducta y de factores humanos no fue contemplado dentro de los alcances de esta investigación, cabe señalar que estudios previos han empezado a considerar, entre otros aspectos, las diferencias culturales (Lin y Berg 2001); las dimensiones institucionales de las colaboraciones en I+D (Bjerregaard 2010), los aspectos motivacionales (Hayter 2017), la comunicación de la vinculación tecnológica (Plewa *et al.* 2013), la asignación de tiempo (Ponomarev y Boardman 2008) y las barreras a la colaboración académica (Cunningham *et al.* 2014), buscando comprender mejor la vinculación tecnológica a través de las experiencias de los actores individuales.

## Artículo completo

## Ciencias Sociales y Humanas

Nuestra investigación muestra que el proceso de diseño e instrumentación de un protocolo institucional para la vinculación tecnológica y social no es un proceso lineal, y que, aun construyendo la herramienta mediante acuerdos y consenso colectivo, en la práctica deben realizarse ajustes y modificaciones atendiendo a particularidades de los RRHH involucrados. En este sentido, consideramos que para una mayor comprensión de los resultados expuestos es necesario dar continuidad a la investigación abordando aspectos relacionados tanto con las motivaciones individuales de los investigadores como con la cultura organizacional, con el fin de desarrollar estrategias para el diseño e implementación que contemplen las características particulares de diversos perfiles institucionales y grupos humanos.

**Conclusiones**

El trabajo permitió identificar los actores, procedimientos y herramientas presentes en cada etapa, ordenando su lectura mediante la sistematización de los insumos, los procesos y los productos esperados en cada momento. A medida que el protocolo fue incorporado a las prácticas del instituto, por pedido expreso de los investigadores se hizo de añadir instrumentos o modificar usos que la propuesta original no tenía contemplados. En este sentido, podemos identificar puntualmente dos solicitudes. En primer lugar, el requerimiento de la difusión acotada de algunas demandas específicas, que evidencia la necesidad de reconocimiento de la labor de gestión de vinculación llevada adelante por el propio investigador, así como el sentido de propiedad que éstos confieren a la acción de vinculación y a su relación con el demandante. Y en segundo lugar, la solicitud de llevar registros escritos de algunas instancias del proceso, como el acta de conformación del grupo de trabajo y de la designación del responsable, otorgando un carácter más formal a la organización interna. Sumado a esto, se detectó que la solicitud de asistencia al área de vinculación por parte de los investigadores se realiza generalmente en etapas avanzadas del protocolo, o cuando los términos de la vinculación ya habían sido pactados entre el investigador y el solicitante, excluyendo muchas veces al personal de vinculación de las etapas de contacto, negociación y acuerdos con los demandantes, y requiriendo sólo la resolución de aspectos administrativos.

Esperamos dar continuidad a la investigación mediante la evaluación del peso de las motivaciones individuales de los investigadores y de las particularidades de cultura organizacional en el diseño e implementación de herramientas para la vinculación.

## Artículo completo

## Ciencias Sociales y Humanas

**Bibliografía**

- Bjerregaard, T. (2010). «Industry and academia in convergence: Microinstitutional dimensions of R&D collaboration» *Technovation*, 30(2), 100-108.
- CONICET (2006), «Decreto 310-RD0995» consultado en <https://www.conicet.gov.ar/wp-content/uploads/RD-0995.pdf> , el 01 de junio de 2020.
- CONICET (2013), «Res. N° 2220» consultado en <https://patagonianorte.conicet.gov.ar/wp-content/uploads/sites/79/2014/11/Oficina-de-Vinculaci%C3%B3n-Tecnol%C3%B3gica-Res.-2220-2013.pdf> , 01 junio de 2020.
- Cunningham, J., O'Reilly, P., O'Kane, C., & Mangematin, V. (2014). «The inhibiting factors that principal investigators experience in leading publicly funded research». *The Journal of Technology Transfer*, 39(1), 93-110.
- Fernández de Lucio I., E. Castro Martínez, Conesa Cegarra F., A. Gutierrez García, (2000), «Una visión crítica de las relaciones universidad-empresa: el papel de las estructuras de interrelación», Instituto de Gestión de la Innovación y del Conocimiento, Valencia, España.
- Hayter, C. S., Lubytsky, R., & Maroulis, S. (2017). «Who is the academic entrepreneur? The role of graduate students in the development of university spinoffs» *The Journal of Technology Transfer*, 42(6), 1237-1254.
- Lin, B. W., & Berg, D. (2001). «Effects of cultural difference on technology transfer projects: An empirical study of Taiwanese manufacturing companies» *International Journal of Project Management*, 19(5), 287-293.
- Lundvall, B.A. (1992) «Introduction». In: Lundvall, B.-Å. (ed.): *National Systems of Innovation - toward a Theory of Innovation and Interactive Learning*. Pinter Publishers. London, pp. 1-19.
- Molas Gallart, J., E. Castro Martínez & Fernández de Lucio, I. (2008). «Interface Structures: Knowledge Transfer Practice In Changing Environments» INGENIO (CSIC-UPV) Working Paper Series, Working Paper N° 2008/4.
- Nelson, R.R. (1992). «National Innovation Systems: A Retrospective on a Study». *Industrial and Corporate Change*, N°. 2, pp.347-374.
- Plewa, C., Korff, N., Johnson, C., Macpherson, G., Baaken, T., & Rampersad, G. C. (2013). «The evolution of university-industry linkages—A framework». *Journal of Engineering and Technology Management*, 30(1), 21-44.
- Ponomariov, B., & Boardman, P. C. (2008). «The effect of informal industry contacts on the time university scientists allocate to collaborative research with industry». *The Journal of Technology Transfer*, 33(3), 301-313.
- Vega-González, L.R. (2011). Modelo de gestión de proyectos de desarrollo tecnológico y vinculación de un centro de I&DT universitario. *Ingeniería, investigación y tecnología*, 12(1), 73-82. Recuperado en 29 de junio de 2020, de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1405-77432011000100008&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-77432011000100008&lng=es&tlng=es).

---

# Ciencias de la Salud Humana

---

## Mejoramiento del perfil nutricional del pan

### *Improvement of the nutritional profile of bread*

Raimondo, Emilia<sup>1,3</sup>; Farah, Silvia<sup>1</sup>; Calle-Domínguez, Jehannara<sup>2</sup>; Mezzatesta, Pablo<sup>1</sup>; Dip, Gladys<sup>3</sup>; Gascon, Alejandro<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidad Juan Agustín Maza, Mendoza, Argentina.

<sup>2</sup>Instituto de Investigaciones para la Industria Alimentaria. Carretera al Guatao km 3½. La Habana, C.P. 19200, Cuba.

<sup>3</sup>Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Cuyo, Mendoza, Argentina.

Contacto: emilia.raimondo@gmail.com

Palabras claves: quínoa, amaranto, chía, pan  
Keywords: quinoa, amaranth, chia, bread

#### Resumen

El reposicionamiento de semillas ancestrales se está difundiendo en nuestro país, debido al excelente perfil nutricional que poseen (FAO, 2011) (Luis, 2018). Por ello el objetivo fue determinar la variación del perfil nutricional de pan, por el agregado de semillas ancestrales o condimento como orégano. Se realizaron tres formulaciones de pan, las cuales fueron evaluadas sensorialmente y analizadas para determinar la variación en su composición por el agregado de semillas. A la preparación base realizada con harina de trigo 000, agua, levadura y sal (pan común: cuarta fórmula que se utiliza como patrón M4), se le adicionó semillas de amaranto y quínoa (previamente molidas) en una proporción del 5%, resultando la mezcla M1. En el segundo panificado M2 se reemplazaron por chía y amaranto, en igual proporción y en el panificado M3 se realizó un pan sólo con orégano. Los productos fueron analizados determinando proteínas, grasas totales, carbohidratos y fibra por técnicas analíticas oficiales. Los panes con semillas incrementaron su humedad, pasando de 26,36±0,17g% en pan común a 32,94±0,17g% en la M2. Por otra parte aumentó su contenido de fibras de 0,7±0,04 g% M4 a 4,7±0,03 g% M1, 5,39±0,45 g% M2 y 2,4±0,15 g% M3. Si bien se incrementa su contenido proteico a 11 g% (M1 y M2), y su contenido graso a 3,50±0,15 g% M1 y 5,21±0,12 g% M2. Su valor calórico total se vio disminuido por el aporte de fibra y el incremento de humedad, pasando de 291±1,02 kcal M4 a 259±1,27 kcal M1 y 262±2,05 kcal M2. En todos los casos la aceptabilidad fue superior al 93%. Aplicando análisis de la varianza (ANOVA) se determinó que todas las formulaciones presentaron diferencias estadísticamente significativas (p<0,05), en sus nutrientes. Se concluye que con la incorporación de semillas se incrementó la humedad y la fibra, disminuyendo el contenido calórico total, mejorando el aporte de proteínas y grasas totales. El pan con orégano sólo mejoró el aporte de fibra.

#### Abstract

*The repositioning of ancestral seeds is spreading in our country, due to the excellent nutritional profile they possess (FAO, 2011) (Luis, 2018). Therefore, the objective was to determine the variation in the nutritional profile of bread, by the addition of ancestral seeds or seasoning such as oregano. Three bread formulations were made, which were sensorially evaluated and analyzed to determine the variation in their composition by the addition of seeds. To the base preparation made with 000 wheat flour, water, yeast and salt (common bread: fourth formula used as a standard M4), amaranth and quinoa seeds (previously ground) were added in a proportion of 5%, resulting in the mixture M1. In the second M2 bakery they were replaced by chia and amaranth, in the same proportion, and in the M3 bakery a bread only with oregano was made. The products were analyzed determining proteins, total fats, carbohydrates and fiber by official analytical techniques. The loaves with seeds increased their humidity, going from 26.36±0.17 g% in common bread to 32.94±0.17 g% in M2. On the other hand, its fiber content increased from 0.7 ± 0.04 g% M4 to 4.7±0.03 g% M1, 5.39±0.45 g% M2 and 2.4±0.15 g% M3. Although its protein content increases to 11 g% (M1 and M2), and its fat content to 3.50±0.15 g% M1 and 5.21±0.12 g% M2. Its total caloric value was decreased by the contribution of fiber and the increase in humidity, going from 291±1.02 kcal M4 to 259±1.27 kcal M1 and 262±2.05 kcal M2. In all cases the acceptability was higher than 93%. Applying analysis of variance (ANOVA), it was determined that all the formulations presented statistically significant differences (a <0.05), in their nutrients. It is concluded that with the incorporation of seeds the humidity and fiber increased, decreasing the total caloric content, improving the contribution of protein and total fat. Bread with oregano only improved the fiber intake.*

### Introducción

Las semillas ancestrales son las que se consumían en la región en la época precolombina como son la quinua, el amaranto o la chía, las cuales presentan un excelente perfil nutricional y las mismas han sido revalorizadas en la actualidad.

La quinua (*Chenopodium quinoa Willd*), es un pseudocereal que en la cultura precolombina se lo llamó «el grano de los Incas». Por sus condiciones de cultivo y su perfil nutricional, se lo considera un alimento que ofrece «Seguridad Alimentaria en el siglo XXI». Posee un muy buen aporte proteico, variando de 14 g% a 22 g% según la variedad, con un muy buen perfil de aminoácidos. Además aporta ácidos grasos mono y polinsaturados, fibra y minerales. La quinua debe ser lavada antes de su consumo, a fin de eliminarle las saponinas, que son un factor antinutricional (FINUT, 2020).

El amaranto (*Amaranthus spp.*), también llamado kiwicha, bleo o coime, es un pseudocereal, originario en la zona Andina, con excelentes condiciones de cultivo en Mendoza. Su contenido proteico ronda los 15 g%, con un elevado contenido en lisina, lo que lo convierte en una semilla ideal para realizar complementación proteica con cereales como trigo, maíz, entre otros; pudiendo ser utilizado en formulaciones para combatir desnutrición proteica (FINUT, 2020).

La semilla de chía (*Salvia hispánica L.*) se la recomienda por su elevado contenido de ácidos grasos omega 3, lo cual la torna importante en la prevención de enfermedades cardiovasculares y como fuente de este ácido graso esencial. Además aporta proteínas, fibra dietética y antioxidantes (Busilacchi, 2013).

El reposicionamiento de este tipo de semillas se está difundiendo en nuestro país, debido al excelente perfil nutricional que poseen (FAO, 2011) (Luis, 2018). En este sentido la Universidad Juan Agustín Maza, se encuentra trabajando con la Comisión de Enlace de la Legislatura Provincial y la Secretaría de Agricultura Familiar del Gobierno de Mendoza, en un proyecto en el cual se propone a los pequeños productores que cultiven quinua en la provincia. Por las condiciones agroecológicas la quinua tiene un muy buen rendimiento de cultivo, y por la forma de su cosecha y precio de mercado se adapta a pequeños productores. Por ello el objetivo del presente estudio fue determinar la variación del perfil nutricional de pan, por el agregado de semillas ancestrales o condimento como orégano.

### Metodología

Es un estudio de investigación aplicada. Para llevarlo a cabo se utilizó para todas las formulaciones ingredientes correspondientes a los mismos lotes de elaboración, para evitar variaciones en su composición. Después de realizar varios ensayos se seleccionaron tres formulaciones de pan, las cuales se eligieron por poseer la mayor aceptabilidad, superior al 93%, en todos los casos. Para la evaluación sensorial se realizó con 30 jueces no entrenados, consumidores. Las formulaciones elegidas fueron:

M1: Pan con amaranto y quinua: cuyos ingredientes eran harina de trigo 000, agua, levadura y sal, con 5% de la mezcla de semillas de amaranto- quinua previamente molidas.

M2: Pan con amaranto y chía: cuyos ingredientes eran harina de trigo 000, agua, levadura y sal, con 5% de la mezcla de semillas de amaranto- chía previamente molidas.

M3: Pan con orégano: cuyos ingredientes eran harina de trigo 000, agua, levadura y sal, con 5% de orégano.

M4: Pan sin agregados (muestra testigo): cuyos ingredientes eran harina de trigo 000, agua, levadura y sal. Este último se elaboró para poder determinar la variación en el perfil de nutrientes de las formulaciones, respecto a un pan tradicional.

Las elaboraciones se realizaron por triplicado y los análisis fisicoquímicos por duplicado. Para determinar la composición centesimal se utilizaron técnicas analíticas oficiales aprobadas en el Código Alimentario Argentino, las mismas fueron:

- Humedad: método indirecto por desecación en estufa a 100-105 °C.
- Grasa total: mediante el método gravimétrico de Soxhlet.
- Fibras: método ataque ácido y alcalino (fibra bruta o cruda).
- Proteína bruta: método de Kjeldahl.
- Cenizas: por incineración en mufla (a 500±10 °C). Sobre estas cenizas se determinaron los minerales, por espectrofotometría de absorción atómica.
- Hidratos de carbono: por diferencia.
- Valor energético: por cálculo.

Para el análisis estadístico de los datos se usó el Programa Estadístico SPSS® y STATGRAPHICS. Determinando si existían diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre los valores hallados; para ello se utilizó la prueba de Análisis de la Varianza (ANOVA) para un factor y cuatro niveles de tratamiento, siendo las variables respuestas el contenido de humedad, carbohidratos, fibra bruta, proteínas, grasa total, grasas saturadas, sodio, cenizas y valor energético.

**Resultados**

**Determinación del contenido de proteínas**

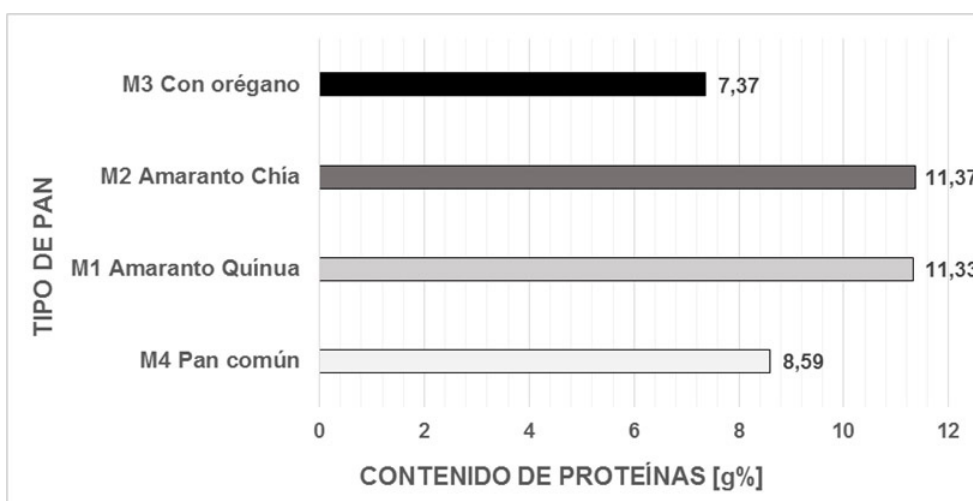
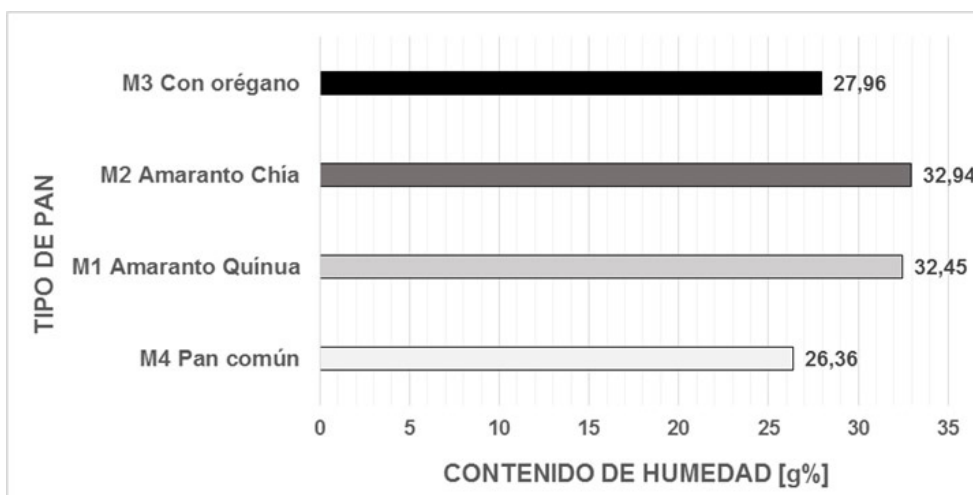


Figura 1. Contenido proteico (g%) de distintos panes de elaboración propia.

La incorporación de semillas incrementa el contenido proteico, aportando proteínas de mayor valor biológico, dado que los aminoácidos se complementan. El pan con orégano M3 es el que aporta menos proteínas mientras que el de mayor contenido de proteína es el M2 pan de amaranto y chía. Con el análisis estadístico ANOVA se observa que existe diferencia estadísticamente significativa entre las medias de contenido de proteína entre las distintas formulaciones ( $p < 0,001$ ). Al aplicar prueba de comparación múltiple HSD Tukey para determinar cuáles medias difieren de otras se observa con un ( $p < 0,05$ ) diferencias significativas entre el M4 pan común ( $8,59 \pm 0,09$  g%), el M3 pan con orégano ( $7,37 \pm 0,05$  g%), y (M1-M2) correspondientes a panes con semilla. Sin embargo, no existen diferencias estadísticamente significativas entre los panes con semillas M1 ( $11,33 \pm 0,19$  g%) y M2 ( $11,37 \pm 0,05$  g%).

**Determinación del contenido de humedad**

Figura 2. Contenido de humedad (g%) de distintos panes de elaboración propia.





Con la incorporación de semillas se incrementa el contenido de humedad, reduciendo de esta manera el valor calórico (Figura 3). La prueba ANOVA arroja que la diferencia de medias en el contenido de humedad es estadísticamente significativa ( $p < 0,001$ ) entre las formulaciones, mientras que la prueba de comparación múltiple HSD Tukey con un ( $p < 0,05$ ) se observa que todas las muestras tienen diferente contenido de humedad, siendo el pan común el de menor humedad ( $26,36 \pm 0,17$  g%), seguido del M3 ( $27,96 \pm 0,40$  g%), M1 ( $32,45 \pm 0,15$  g%) y el de mayor humedad el M2 pan de amaranto y chía ( $32,94 \pm 0,13$  g%).

**Determinación del valor calórico**

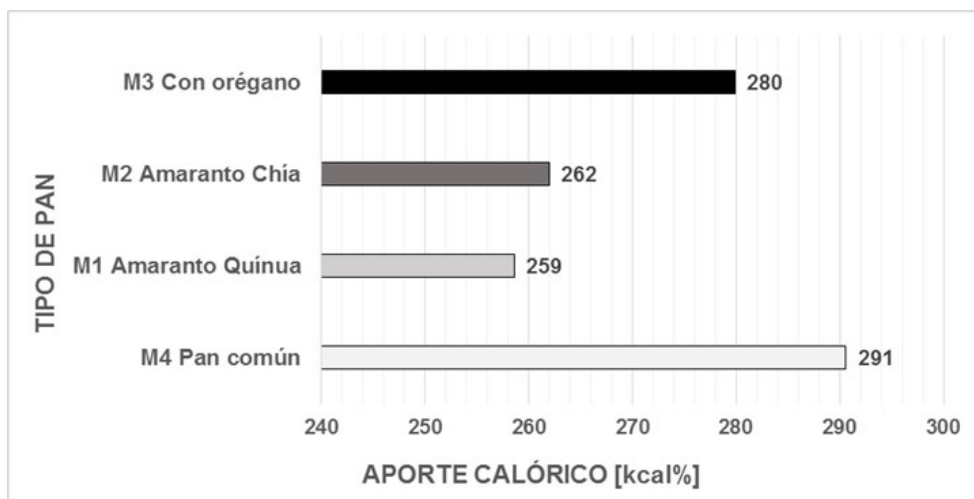


Figura 3. Aporte calórico (kcal) de distintos panes de elaboración propia.

En la prueba ANOVA para comparar el valor calórico entre las formulaciones se encuentran diferencias estadísticamente significativas con un  $p < 0,001$ , mientras que la prueba de comparación múltiple HSD Tukey con un ( $p < 0,05$ ) se observa que todas las muestras tienen diferente contenido de calorías. El valor calórico total se vio disminuido por el aporte de fibra y el incremento de humedad en los panes, a los que se les incorporaron semillas, M1 ( $259 \pm 1,27$  kcal%) y M2 ( $262 \pm 2,05$  kcal%), respecto de  $291 \pm 1,02$  kcal% en M4 y  $280 \pm 1,59$  kcal% en M3 (figura 3).

**Determinación del contenido de carbohidratos y fibra**

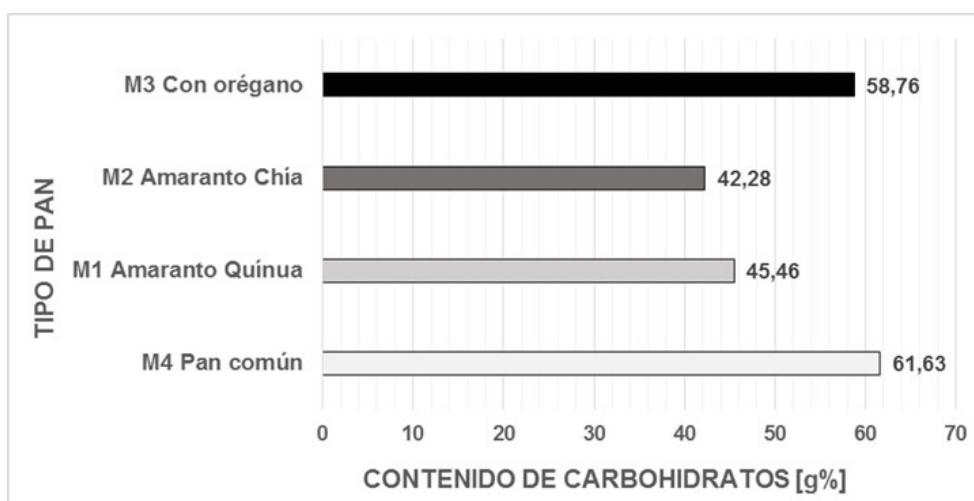


Figura 4. Contenido de carbohidratos (g%) de distintos panes de elaboración propia.

Artículo completo

Ciencias de la Salud Humana

El contenido de carbohidratos fue de  $61,63 \pm 0,36$  g% para M4 y de  $58,76 \pm 0,35$  g% para M3. Con la incorporación de semilla se disminuye el aporte de hidratos de carbono totales, con la consiguiente disminución del valor calórico, siendo de  $45,46 \pm 0,27$  g% para M2 y de  $42,28 \pm 0,45$  g% para M1. Con el análisis ANOVA para comparar contenido de hidratos de carbono se observa diferencia estadísticamente significativa con un  $p < 0,001$  entre las formulaciones. La prueba de comparación múltiple HSD Tukey con un  $(p < 0,05)$  se observa que todas las medias son diferentes.

El contenido de fibra para el pan común M4 fue de  $0,70 \pm 0,04$  g%. Con el agregado de orégano, M3, además de conferirle palatabilidad se incrementa el contenido de fibra a  $2,40 \pm 0,15$  g%. Cuando se incorporan semillas estos valores se aumentan, dado que el pan de amaranto y quínoa M1 aporta  $4,70 \pm 0,03$  g% y el de amaranto y chía M2 contiene  $5,39 \pm 0,45$  g%. Las semillas incrementan considerablemente el aporte de fibra, lo cual ayuda a la saciedad (figura 5).

La combinación amaranto chía obtiene el mejor aporte de fibra, respecto a las otras mezclas, con una considerable disminución de hidratos de carbono. Seguido del pan de amaranto y quínoa. Con el análisis ANOVA para comparar contenido de fibra se observa diferencia estadísticamente significativa con un  $p < 0,001$  entre las formulaciones. La prueba de comparación múltiple HSD Tukey con un  $(p < 0,05)$  se observa que todas las medias son diferentes.

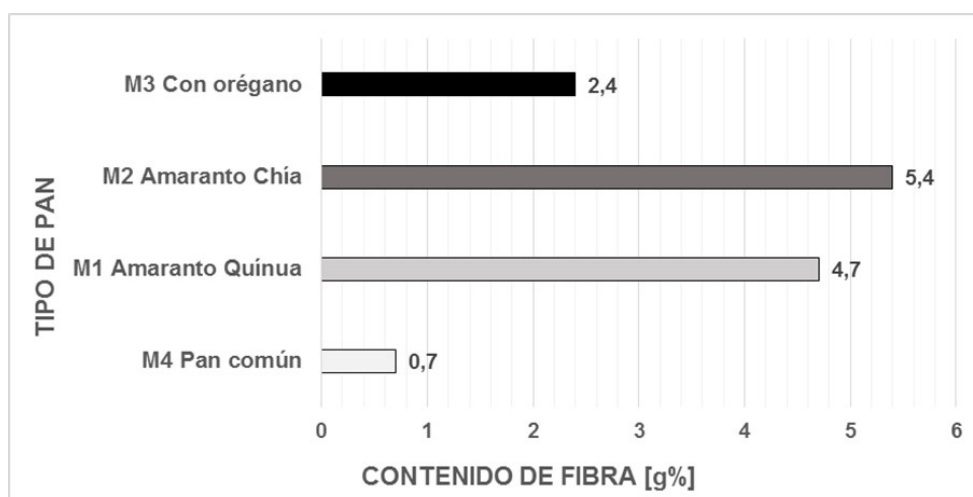


Figura 5. Contenido de fibra (g%) de distintos panes de elaboración propia.

Determinación del contenido de grasa total y grasa saturada

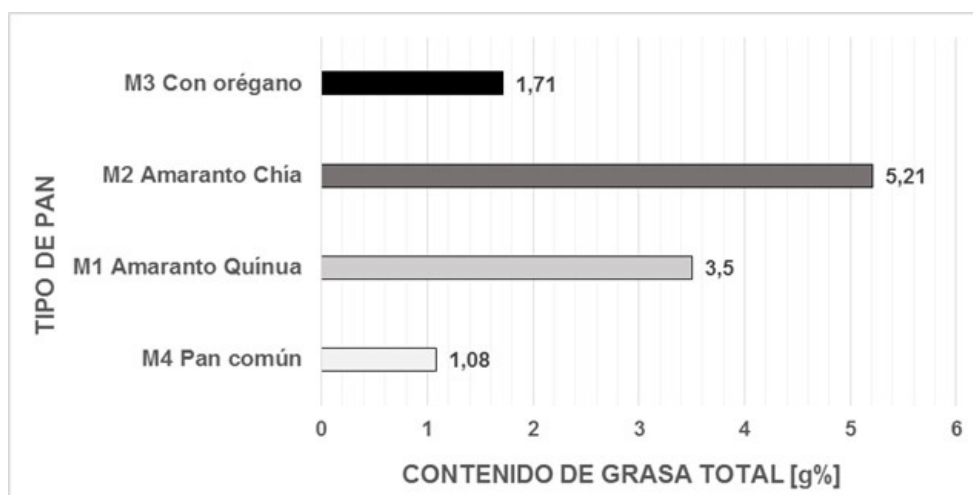


Figura 6. Contenido de grasa total (g%) de distintos panes de elaboración propia.

El contenido de grasa total va aumentando de  $1,08 \pm 0,09$  g% en M4,  $1,71 \pm 0,09$  g% en M3,  $3,50 \pm 0,15$  g% en M1 y  $5,21 \pm 0,12$  g% en M2, mejorando en estas dos últimas la palatabilidad del pan.

Si bien las grasas totales se incrementan, los saturados prácticamente no varían, siendo:  $0,63 \pm 0,05$  g% en M4,  $0,79 \pm 0,08$  g% en M3,  $1,05 \pm 0,08$  g% en M1 y  $1,07 \pm 0,11$  g% en M2.

El aumento se debe a grasas mono y poliinsaturadas, aportadas por las semillas, benéficas para la salud. El pan de amaranto y chíá reporta el mayor valor de mejora del perfil lipídico con resultados estadísticamente significativos  $p < 0,001$ .

#### Determinación del contenido de sodio

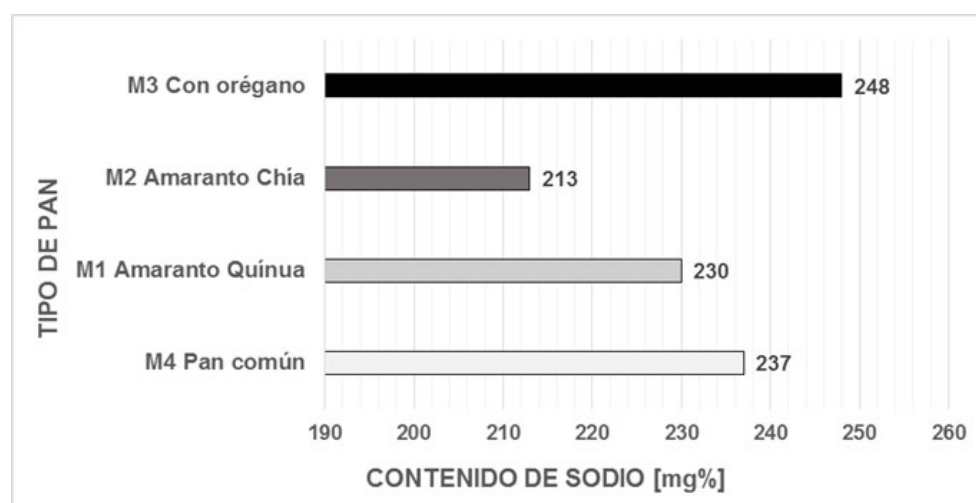


Figura 7. Contenido de sodio (mg%) de distintos panes de elaboración propia.

El contenido de sodio no presenta casi variación, dado que las cuatro formulaciones se elaboraron con la misma receta base. Pero el pan de amaranto y chíá presenta el menor contenido siendo estadísticamente significativo  $p < 0,05$ .

En todos los casos la aceptabilidad por parte de los jueces fue superior al 93%.

El pan de Amaranto y chíá presenta los mejores valores con resultados estadísticamente significativos ( $p < 0,05$ ) en:

- Mayor contenido de: proteínas, grasas totales (mejorando el nivel de poliinsaturadas), humedad y fibra
- Menor contenido de: hidratos de carbono y sodio.

#### Discusión

La fibra alimentaria o fibra dietética, la cual es aportada principalmente por cereales integrales, semillas enteras, frutas y verduras, contribuye a prevenir el estreñimiento. Aportan otros beneficios para la salud, favorecen la reducción del sobrepeso y obesidad e indirectamente reduce el riesgo de enfermedades no transmisibles (ENT) como son la diabetes, enfermedades cardiovasculares y algunos tipos de cáncer (Cabrera, 2006), por todo ello es importante aumentar el aporte de fibra dietética en los alimentos dado que el consumo de fibra es bajo en la dieta de los argentinos (ENNYS, 2019). En este trabajo se demuestra que la incorporación de semillas incrementa el contenido de humedad y de fibra, lo que podría resultar beneficioso para la salud de los consumidores. Además, con la incorporación de semillas el pan disminuyó su valor energético, lo que representaría un beneficio extra, dado que el sobrepeso es un problema de salud grave a nivel mundial, el cual se encuentra relacionado a la ingesta de calorías por encima del gasto energético.

Existe abundante literatura científica que respalda la efectividad del consumo de ácidos grasos omega 3, entre ellos ácido eicosapentaenoico (C20:5, EPA), por sus beneficios cardiovasculares (efectos hipotriglicéridémicos, hipocolesterolémicos, anti-trombóticos, antiinflamatorios, anti-arritmicos, entre otros) (Mozaffarian, 2012) (Calder, 2012), por ello se recomienda un consumo de ácidos grasos omega 3 totales entre 250 mg a 2 g/día (Larsen, 2011). En nuestra región es muy baja la ingesta de pescado (ENNYS, 2019), por otra parte los aceites marinos, ricos en ácidos grasos omega 3 son también cada vez más escasos y de mayor costo (Valenzuela, 2014). En este trabajo demostramos la mejora en los valores nutricionales al incorporar chíá, además de presentarse como un compuesto rico en ácidos grasos omega 3, siendo una alternativa importante como fuente de este ácido graso, por todo ello es necesario encontrar fuentes alternativas que aporten omega 3, como es la chíá.

**Conclusión**

A través de éste trabajo se pudo determinar la variación del perfil nutricional del pan, por el agregado de semillas ancestrales o condimento como orégano.

Se concluye que, la incorporación de semillas (amaranto- chía y amaranto- quínoa) al pan, incrementa el contenido de humedad, fibra, proteínas y grasas totales, a expensas del incremento de ácidos grasos poliinsaturados, aportados por las semillas. Además se determinó que dicha incorporación disminuye el contenido energético total.

El agregado de orégano a la mezcla de pan sólo generó un aumento del contenido de fibra, si bien mejoró la palatabilidad del mismo.

Todos los panes elaborados tuvieron aceptación por parte de los consumidores superior al 93%.

Todas las variaciones se debieron a la incorporación de semillas o de orégano, dado que en todos los casos se respetó la cantidad de ingredientes bases para poder determinar que los cambios se debieran a los agregados realizados.

**Agradecimientos**

Investigación realizada dentro de los proyectos: CYTED 119RT0567 la ValSe-Food Network, Universidad Juan Agustín Maza. Universidad Nacional de Cuyo y el Instituto de Investigaciones para la Industria Alimentaria Cuba

**Bibliografía**

- 2° Encuesta Nacional de Nutrición y Salud - Ministerio de Salud. Disponible en: [http://www.msal.gob.ar/images/stories/bes/graficos/0000001602cnt-2019-10\\_encuesta-nacional-de-nutricion-y-salud.pdf](http://www.msal.gob.ar/images/stories/bes/graficos/0000001602cnt-2019-10_encuesta-nacional-de-nutricion-y-salud.pdf). Fecha de acceso 21 de Junio de 2020
- Andrés Ahumada, Andrés Ortega, Diana Chito, Ricardo Benítez. 2016. Saponinas de quinua (*Chenopodium quinoa Willd.*): un subproducto con alto potencial biológico. Rev. Colomb. *Cienc. Quím. Farm.*, Vol. 45(3), 438-469, 2016. Artículo de revisión / <http://dx.doi.org/10.15446/rcciquifa.v45n3.62043>.
- Busilacchi, H., M. Quiroga, M. Bueno, O. Di Sapio, F. Voykos, C. Severin. (2013). Evaluación de *Salvia hispanica L.* cultivada en el sur de Santa Fe (República Argentina). INCA. *Cultivos Tropicales* 34 (4) 55-59.
- Cabrera Llano Jorge Luis, Cárdenas Ferrer Mercedes. Importancia de la fibra dietética para la nutrición humana. *Rev Cubana Salud Pública* [Internet]. 2006 Dic [citado 2020 Ago 22]; 32(4). Disponible en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0864-34662006000400015&lng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-34662006000400015&lng=es).
- Calder P. Omega-3 polyunsaturated fatty acids and inflammatory processes: nutrition or pharmacology? *Brit J Clin Pharmacol.* 2012; 75: 645-62.
- Código Alimentario Argentino. (2020). Disponible en: <https://www.argentina.gob.ar/anmat/codigoalimentario>
- Day L. y Swanson G. Functionality of protein-fortified extrudates. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* 2013; 12: 546-564.
- Delatorre-Herrera, José, Sánchez, M, Delfino, I, & Oliva, M.I. (2013). La quinua (*Chenopodium quinoa Willd.*), un tesoro andino para el mundo. *Ideas* (Arica), 31(2), 111-114. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292013000200017>
- Di Fabio Amanda. (2018). *Proyecto de producción, comercialización y promoción del consumo de quinua en el oasis norte de Mendoza*. <https://www.legislaturamendoza.gov.ar/wp-content/uploads/2018/03/proyecto-de-quinua-mdz-compressed.pdf>
- FAO (2011) *La Quinua: Cultivo milenario para contribuir a la seguridad alimentaria mundial*. <http://www.fao.org/3/aq287s/aq287s.pdf>
- FINUT (2020) Papel de los cereales de granos entero en la salud. Publicado por la *Fundación Iberoamericana de Nutrición (FINUT)* en colaboración con el International Life Sciences Institute ILSI Nor-Andino. Granada, España. (2020). ISSN 2445-1886. ISBN 978-84-09-19440-7
- Hernández A., García D., Calle J. y Duarte C. Desarrollo de una galleta dulce con ajonjolí tostado y molido. *Tecnología Química* 2014; 34 (3): 200-205.
- Indrani D., Prabhasankar P., Rajiv J. y Rao V. Influence of whey Journal of Texture Studies. Protein concentrate on the rheological characteristics of dough, microstructure and quality of unleavened flat bread (parotta). *Food Research International* 2007; 40: 1254-1260.
- INTA (Valerio Alejandro). (2013). *Ciencia y tecnología de los cultivos industriales, Quinoa*. Año 3, N° 5 - 2013. ISSN 1853-7677. [https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta-revista-ciencia-y-tecnologa-de-los-cultivos-indu\\_4.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta-revista-ciencia-y-tecnologa-de-los-cultivos-indu_4.pdf)
- INTA. 2012. <http://intainforma.inta.gov.ar/?p=12134>
- Kadam L., Salve V., Mehrajfatema M. y More G. Development and evaluation of composite flour for missiroti/chapatti. *Journal of Food Processing and Technology* 2012; 3:1-7.
- Larsen R, Eilertsen K, Elvevoll E. Health benefits of marine foods and ingredients. *Biotechnol. Adv.* 2011; 29: 508-18.
- Moiraghi M., Vanzetti L., Bainotti, C., Helguera M., Leon A. y Perez G. Relationship between soft wheat flour physicochemical composition and cookie-making performance. *Cereal Chemistry* 2011; 88: 130-136.
- Mozaffarian D, Wu J. (n-3) Fatty acids and cardiovascular health: Are effects of EPA and DHA shared or complementary? *J Nutr.* 2012; 142: 614S-25S.
- Omobuwajo T. Compositional characteristics and sensory quality of biscuits, prawn crackers and fried chips produced from breadfruit. *Innov. Food Sci. Emerg. Technol* 2003; 219-225.
- Singh M. y Mohamed A. (2007). Influence of gluten-soy protein blends on the quality of reduced carbohydrates cookies. *Elsevier*, 40: 353-360.
- Su-Chuen Ng, Anderson, A., Cokera, J. and Ondrusa, M. (2007) Characterization of lipid oxidation products in quinoa (*Chenopodium quinoa*). *Food Chem.* 101(1), 185-192. ISSN: 0308-8146
- Valenzuela B Alfonso, Valenzuela B Rodrigo. Ácidos grasos omega-3 en la nutrición ¿cómo aportarlos?. *Rev. chil. nutr.* [Internet]. 2014 Jun [citado 2020 Ago 22]; 41(2): 205-211. Disponible en: [https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0717-75182014000200012&lng=es](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-75182014000200012&lng=es). <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182014000200012>.
- Vivas O. *Perfil descriptivo cuantitativo y de textura de productos elaborados con harinas de leguminosas fermentadas*. Maestría en Ciencia de los Alimentos. Universidad Simón Bolívar. Venezuela; 2009.

---

# Ciencias Veterinarias

---

## Descripción parasitológica en comadrejas overas (*Didelphis albiventris*) de Mendoza

### *Parasitological description in white-eared opossums (Didelphis albiventris) from Mendoza*

Caballero, S.<sup>1</sup>; Marinozzi De Carlini, A.<sup>1</sup>; Linares, C.<sup>2</sup>; Moreno, P.<sup>2</sup>; Morales, M.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Fac. Cs. Veterinarias y Ambientales, Universidad Juan Agustín Maza.

<sup>2</sup> Instituto Argentino de Investigaciones de Zonas Áridas (IADIZA), CONICET Mendoza.

<sup>3</sup> Instituto de Medicina y Biología Experimental de Cuyo (IMBECU), CONICET Mendoza.

Contacto: melimorales23@gmail.com

**Palabras claves:** marsupiales neotropicales; comadreja overa; parásitos

**Keywords:** neotropical marsupials; white-eared opossum; parasites

La comadreja overa es un marsupial nativo de Sudamérica. Sus hábitos oportunistas y sinantrópicos le permiten vivir en áreas perturbadas por el hombre. En diferentes países se ha documentado la presencia de parásitos intestinales en comadrejas, así como también ectoparásitos hematófagos cosmopolitas, muchos de ellos de relevancia epidemiológica en Salud Pública. Su alta predisposición a infecciones endoparasitarias se relaciona a la dieta omnívora, teniendo relevancia la presencia de parásitos de ciclo heteroxeno incorporados a través del consumo de insectos. La información sobre esta especie en la Provincia de Mendoza es escasa. El objetivo de este trabajo fue describir la presencia de endoparásitos y ectoparásitos en comadrejas de un área urbana y periurbana de la Provincia de Mendoza. Se analizó un total de 10 comadrejas, 3 provenientes de atropellos y 7 capturadas con trampas tomahawk en hábitats urbanos y rurales del Gran Mendoza. Se obtuvo materia fecal de 5 y ectoparásitos de 2 individuos capturados. En las necropsias se colectaron ectoparásitos y materia fecal de 2 individuos. Los ectoparásitos se almacenaron en alcohol 96° y se identificaron a través de lupa estereoscópica siguiendo figuras y claves taxonómicas descriptas por Hopkins & Rothschild. Se realizó la técnica de centrifugación-floculación, partiendo de 3-5 gr de materia fecal, para diagnóstico de ooquistes de coccidios y huevos livianos de helmintos. Para detección de huevos de trematodes se realizó la técnica de sedimentación. Se detectaron ooquistes de coccidios y huevos de *Aspidodera sp.* y *Trichuris sp.* en comadrejas de diferentes áreas. Los ooquistes de coccidios estuvieron presentes en materia fecal de 3 individuos, mientras que *Aspidodera* y *Trichuris*, junto a los coccidios, parasitaron concomitantemente a una comadreja del área rural. No se detectó la presencia de

huevos de trematodes en ningún individuo. Respecto a los ectoparásitos, se encontraron pulgas pertenecientes al género *Ctenocephalides* parasitando a 4 comadrejas, 2 de ambientes rurales y 2 del área urbana. Si bien se hallaron bajas cargas de las formas evolutivas endoparasitarias, se destaca la ausencia de formas evolutivas de parásitos con ciclo heteroxeno que tienen insectos como hospedadores intermediarios. La identificación de endo y ectoparásitos tanto en áreas rurales como urbanas, invitan a promover el estudio de la comunidad parasitaria de las comadrejas y así entender el nexo de esta especie con animales domésticos, animales silvestres y el ser humano.

## Hallazgos de necropsia en un gato montés (*Oncifelis geoffroyi*) de Tupungato, provincia de Mendoza

### *Necropsy findings in a Geoffroy's cat (Oncifelis geoffroyi) from Tupungato, Mendoza province*

Ibarra, J.<sup>1,2</sup>; Neira, G.<sup>3,4</sup>; Mera y Sierra, R.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Fundación Cullunche, Mendoza, Argentina.

<sup>2</sup>Cátedra de Zootecnia de Fauna Silvestre y Zoológico, Universidad Juan Agustín Maza, Mendoza, Argentina.

<sup>3</sup>Centro de Investigación en Parasitología Regional, Universidad Juan Agustín Maza, Mendoza, Argentina.

<sup>4</sup>Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, CONICET, Argentina.

Contacto: cipar.umaza@gmail.com

Palabras claves: *felidae*; *oncifelis geoffroyi*; Argentina

Keywords: *felidae*; *oncifelis geoffroyi*; Argentina

Los animales silvestres encontrados atropellados en las rutas son una excelente fuente de información. Se puede estudiar dietas, parásitos internos y externos, entre otras particularidades. *Oncifelis geoffroyi* llamado comúnmente gato montés es un felino silvestre distribuido en casi todas las provincias de Argentina. Ha sido mundialmente explotado por la industria peletera. Su amplia distribución en Argentina, nos confiere un rol importante en su conservación. Estudios realizados en La Pampa demuestran que se alimenta de cricétidos y paseriformes. Por otro lado, se ha reportado como hospedador de *Amblyomma aureolatum*, *Amblyomma longirostre*, *Amblyomma ovale* y *Amblyomma parvum*. Con respecto a su helmintofauna digestiva, se han reportado asociado a *Vigosospirura potekhina*, *Didelphonema longispiculata*, *Pterygodermatites cahirensis*, *Trichuris campanula*, *Ancylostoma tubaeforme*, *Toxocara cati*, and *Taenia sp* en el monte central argentino.

El objetivo de este estudio fue describir la dieta y ectoparásitos de un ejemplar de gato montés atropellado hallado en el departamento de Tupungato, Mendoza.

Un felino fue encontrado atropellado en la ruta 40 en el punto 33°28'39.0"S 68°58'48.4"W de Tupungato, Mendoza fue transportado, tomando medidas de bioseguridad, al laboratorio. Se identificó su sexo y se registró su peso. Se examinó externamente en busca de ectoparásitos. Los ectoparásitos hallados se identificaron mediante claves taxonómicas. A la necropsia del mismo, el tubo digestivo fue examinado en toda su extensión en busca de helmintos. Se recolectó la materia fecal y se conservó en un frasco con formol al 10% para analizarla por medio de técnicas de flotación simple y sedimentación con formol-éter. El felino fue identificado como *Oncifelis geoffroyi*, macho de 2.560 grs. Por la dentición se determinó que era un animal joven. Se halló una garrapata adherida a su pabellón auditivo

y fue identificada como *Amblyomma tigrinum*. A la necropsia se determinó que el animal presentaba fractura de rama mandibular derecha y craneo, además de hemorragia interna generalizada. En el contenido gástrico se identificaron 8 lagartijas, 1 culebra *Phylodria trilineatus* y 2 craneos de roedores *Ctenomys sp.*, y *Microcavia sp.* No se hallaron helmintos al examen del tracto digestivo. Al examen coproparasitológico no se observaron fases inmaduras de helmintos ni protozoarios.

El peso del ejemplar de *O. geoffroyi* es inferior al rango de peso descrito para la especie. Es llamativa la variedad de reptiles de su dieta en valles Andinos. La depredación de roedores fue descrita en gatos del monte central, donde su dieta varía durante el año de acuerdo a la abundancia de roedores. En nuestra región, se podría inferir que en verano, *O. geoffroyi* se alimentaría de reptiles, principalmente. La ausencia de parásitos gastrointestinales podría reflejar las características ambientales poco propicias para el desarrollo de muchas especies de helmintos y protozoarios, además de la distribución irregular de los parásitos entre individuos de una población. *Amblyomma tigrinum* asociada a *O. geoffroyi*, no fue hallada en la bibliografía consultada. La vigilancia de garrapatas en hospedadores domésticos y silvestres es importante, ya que actúan como vectores de enfermedades infecciosas, la mayoría zoonóticas. En Mendoza, *A. tigrinum* ha sido reportada parasitando perros.



## Investigación de *Trichinella* spp. en zorro gris (*Lycalopex griseus*) *Trichinella* spp. survey in south american grey fox (*Lycalopex griseus*)

Gonzalez, M.<sup>1</sup>; Logarzo, L.<sup>1</sup>; Neira, G.<sup>1,2</sup>; Godoy, D.<sup>1,2</sup>; Mera y Sierra, R.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Centro de Investigación en Parasitología Regional, Universidad Juan Agustín Maza, Mendoza, Argentina

<sup>2</sup>Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Argentina

Contacto: cipar.umaza@gmail.com

Palabras claves: *trichinellosis*; animales silvestres; Argentina

Keywords: *trichinellosis*; wildlife; Argentina

Triquinelosis es una parasitosis distribuida en todo el mundo, con 12 especies de *Trichinella* documentadas a la fecha. La infección natural con *Trichinella* spp. ha sido descrita en reptiles, aves y mamíferos, incluido el hombre. La caza y consumo de diversas especies, es una de las causas más comunes de infección al humano. En Argentina hay numerosos reportes de *Trichinella* en animales domésticos, como así también en animales silvestres. A pesar de esto, no se han encontrado reportes de esta parasitosis en Zorro gris (*Lycalopex griseus*) en nuestro país. El objetivo de este trabajo fue determinar la presencia o ausencia de larvas de *Trichinella* en diafragma y masetero de un Zorro gris.

Las muestras analizadas provenían de un zorro gris hallado atropellado en Las Heras, Mendoza. Se tomaron muestras de diafragma y masetero. Se realizó la técnica de digestión artificial para determinar presencia o ausencia de larvas. Se procesaron 20 gr de músculo, con solución digestora de ácido Clorhídrico, pepsina y agua a 45°C. Luego se visualizaron 10ml de líquido decantado.

No se hallaron larvas de *Trichinella* en la muestra procesada.

La ausencia de larvas de *Trichinella* en el ejemplar de Zorro gris analizado es llamativa, ya que existen numerosos reportes de esta parasitosis en Zorro colorado (*Vulpes vulpes*) en Europa. Por lo que sería de gran importancia seguir analizando ejemplares de zorros para determinar si *Lycalopex griseus* es tan susceptibles a la infección como lo son los zorros colorados en Europa. Asimismo hay reportes de *Trichinella* en roedores y lagomorfos, los cuales sirven de alimento a carnívoros silvestres como el zorro, por lo tanto serían fuente de infección para estos depredadores. Siendo esta una enfermedad zoonótica, de allí la importancia de conocer la prevalencia en especies silvestres y aportar información para ampliar el conocimiento sobre su epidemiología.

## Reporte de sarna sarcóptica en zorro gris chico (*Lycalopex griseus*) *Scabies report on south american grey fox (Lycalopex griseus)*

Ibarra, J.<sup>1,2</sup>; Neira, G.<sup>3,4</sup>; Godoy, D.<sup>3,4</sup>; Mera y Sierra, R.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Fundación Cullunche, Mendoza, Argentina.

<sup>2</sup>Cátedra de Zootecnia de Fauna Silvestre y Zoológico, Universidad Juan Agustín Maza, Mendoza, Argentina.

<sup>3</sup>Centro de Investigación en Parasitología Regional, Universidad Juan Agustín Maza, Mendoza, Argentina.

<sup>4</sup>Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, CONICET, Argentina.

Contacto: cipar.umaza@gmail.com

Palabras claves: *sarcoptes scabiei*; fauna silvestre; zorro gris chico

Keywords: *scabiei*; wildlife; south american grey

*Lycalopex griseus*, conocido como zorro gris chico, zorro gris patagónico, zorro pampa, zorro chilla, etc., es una especie nativa de Sudamérica y se halla distribuido principalmente en Argentina y Chile. La sarna sarcóptica se ha descrito como una importante enfermedad en diversas especies de animales silvestres incluyendo a canidos, félidos, ungulados y primates entre otros. En el centro de rehabilitación de fauna de Fundación Cullunche, en la provincia de Mendoza, se reciben animales de la fauna silvestre por diferentes motivos. Uno de los tantos, son los ataques de perros domésticos a carnívoros silvestres.

El objetivo del presente trabajo es reportar un caso de sarna sarcóptica en *Lycalopex griseus*.

Se recibió un ejemplar macho de zorro gris chico con heridas por mordedura de perro encontrado en una finca en el distrito Corralitos, departamento de Guaymallén, provincia de Mendoza. Esta es una zona semi rural a rural, con fincas que se dedican al cultivo de hortalizas y frutales. Las personas que viven en el lugar, tienen animales de granja y por lo tanto hay presencia de perros domésticos utilizados como guardianes. Se procedió a anestesiarse el zorro para poder revisarlo en profundidad. Presentaba heridas por las mordeduras, las cuales no revestían compromiso de vida y se procedió a la toilette de las mismas.

Se halló en la zona de la escápula y húmero una lesión extensa, costrosa y dura que dificultaba bastante la movilidad del brazo. También se vio el mismo tipo de lesiones, aunque más pequeñas, en zona del abdomen. Se procedió a realizar un raspaje de las lesiones para su observación en microscopio. Se hallaron abundantes ácaros, que se preservaron para su identificación posterior. Fue medicado con 0,3 ml ivermectina

al 1% por vía subcutánea. Por las heridas fue medicado con antibióticos y analgésicos durante una semana. El ácaro fue aclarado con hidróxido de potasio al 2%. Luego se identificaron mediante las claves taxonómicas de Fain, 1968, como pertenecientes a la especie *Sarcoptes scabiei*. A los 10 días se administró la misma dosis de ivermectina por vía oral en el alimento. El animal se recuperó satisfactoriamente.

La sarna sarcóptica ha sido descrita en diversas especies de zorros incluido en *L. griseus* donde se han reportado casos en Chile, pero no hallamos reportes en *L. griseus* en Argentina. En este caso este zorro gris pudo haber adquirido la sarna por proximidad a los perros domésticos o quizás por contacto con alguna presa parasitada. La lesión en el brazo, provocada por la infección con sarna pudo haberle quitado movilidad, haberlo debilitado y haberlo hecho vulnerable al ataque de los perros. Se han reportado epizootias de sarna sarcóptica en zorro común (*Vulpes vulpes*) que llegan a producir incluso una importante mortandad. Por ello es necesario una vigilancia en la región para observar si este caso es un caso aislado o se puede formar parte de un cuadro epidemiológico de mayor envergadura que pueda impactar en la población de *L. griseus*.

## Reporte de un caso de nematodiasis de sacos aéreos en un halcón peregrino del departamento de La Paz, Mendoza

### *Case report of air sac nematodiasis in a peregrine falcon from La Paz, Mendoza*

Ibarra, J.<sup>1,2</sup>; Neira, G.<sup>3,4</sup>; Mera y Sierra, R.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Fundación Cullunche, Mendoza, Argentina.

<sup>2</sup>Cátedra de Zootecnia de Fauna Silvestre y Zoológico, Universidad Juan Agustín Maza, Mendoza, Argentina.

<sup>3</sup>Centro de Investigación en Parasitología Regional, Universidad Juan Agustín Maza, Mendoza, Argentina.

<sup>4</sup>Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, CONICET, Argentina.

Contacto: cipar.umaza@gmail.com

Palabras claves: *serratospiculum tendo*; *falco peregrinnus cassini*; Argentina

Keywords: *serratospiculum tendo*; *falco peregrinnus cassini*; Argentina

La nematodiasis de sacos aéreos es una filarisis producida por *Serratospiculum tendo* que afecta fundamentalmente a aves de presa. Esta parasitosis ha sido reportada previamente en Europa y ciertas regiones de Medio Oriente. Recientemente fue descrito en Perú y nuestro grupo de investigación en 2018 reportó *Serratospiculum tendo* en halcón peregrino (*Falco peregrinnus cassini*) en Mendoza. Con esta información de base se decide realizar una vigilancia activa en las aves de esta especie que llegan al centro de rehabilitación de Fundación Cullunche. Esta nematodiasis puede producir una disminución en el rendimiento respiratorio que puede llevar a la muerte. Su ciclo de vida es aparentemente indirecto e involucraría insectos coleópteros como hospedadores intermedios. Sin embargo actualmente su ciclo no ha sido completamente dilucidado. El objetivo de este estudio es reportar un caso de infección por *S. tendum* en un *F. peregrinus* y su tratamiento antihelmíntico. Se recibe un ejemplar de halcón peregrino, el día 18 de mayo de 2019, encontrado en La Paz-Mendoza-Argentina, con fractura doble del húmero del ala derecha. Luego de unos días para su estabilización el animal es sometido a una cirugía el día 24 de Mayo, para solucionar la fractura. En el mismo ínterin se realiza la toma de muestra de materia fecal del ave para examen coproparasitológico. La muestra es remitida al laboratorio, donde es analizada por métodos coprológicos de flotación simple y sedimentación con formol-éter. Al examen coprológico se observan abundante cantidad de huevos de *S. tendum*. Se inicia el tratamiento con ivermectina al 1%, 0,2 ml comenzando el día 6 de junio. Se suministran cuatro dosis con 14 días de diferencia cada una. El examen coproparasitológico de control no evidencia presencia de huevos del parásito en un control realizado en

Septiembre del mismo año. La presencia de *Serratospiculum tendo* es más frecuente de lo que se creía. Al igual que otras parasitosis transmitidas por vectores en la región, probablemente inducidas por el cambio climático y global, las mismas se encuentran en franca expansión, y es fundamental su vigilancia activa. Por lo tanto, se recomienda realizar un examen coproparasitológico rutinario en busca de huevos de *Serratospiculum tendo* en halcón peregrino. El tratamiento con ivermectina se ha probado con éxito para la eliminación del parásito en *F. peregrinnus*.