



La variabilidad climática como condicionante de presencia de bacterias lácticas autóctonas, Noroeste de la Provincia de Corrientes. Argentina

Climatic variability as a condition for the presence of native lactic bacteria, northwest of the province of Corrientes. Argentina

Maidana, Mario M.¹; Contreras, Félix I.²; Vasek, Olga M.³

¹Instituto de Modelado e Innovación Tecnológica (CONCIET – UNNE) y Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura – Universidad Nacional del Nordeste. mario-m-90@hotmail.com

²Centro de Ecología Aplicada del Litoral (CONICET – UNNE) y Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura – Universidad Nacional del Nordeste. ignaciocontreras@exa.unne.edu.ar

³Instituto de Modelado e Innovación Tecnológica (CONCIET – UNNE) y Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura – Universidad Nacional del Nordeste. omvasekk@yahoo.com.ar

Palabras Claves:

Variabilidad climática
Bacterias lácticas
Precipitación
Suelo
Argentina

R E S U M E N

La variabilidad climática local constituye uno de los factores naturales más significativos en los procesos y dinámicas que ocurren en un determinado paisaje. Por esta razón, es importante conocer los montos pluviométricos y su distribución temporal, como así también la recurrencia y magnitud de eventos de inundación y sequía. Por otra parte, la información acerca de la presencia de bacterias lácticas en función de las condiciones ambientales es de sumo interés, tanto para la producción de quesos artesanales como industriales. En este marco, el objetivo de este trabajo fue relacionar la presencia de bacterias lácticas autóctonas en ambientes naturales y las características del paisaje asociadas a la variabilidad climática local. Los resultados permitieron demostrar que la situación ambiental al momento del muestreo, se relacionó directamente con la capacidad de crecimiento de las cepas de bacterias lácticas bajo estudio en condiciones *in vitro*.

A B S T R A C T

Local climate variability constitutes one of the most significant natural factors in the processes and dynamics that occur in a specific landscape. For this reason, it is important to know the amounts of precipitations, its temporal distribution, and the recurrence and magnitude of flood and drought events. Within this framework, the aim of this work was to relate the presence of autochthonous lactic acid bacteria in natural environments to the characteristics of the landscape associated with local climatic variability. The results showed that the environmental situation at the moment of sampling was directly related to the growth capacity of the lactic acid bacteria strains under study in *in vitro* conditions. Knowing about the presence of lactic acid bacteria in relation to natural environmental conditions is of great interest, both for artisanal and industrial cheese production as well.

Keywords:

Environment
Climatic variability
Lactic acid
Bacteria.

1. Introducción

Con la denominación de “bacterias ácido lácticas” (BAL) se generaliza a un grupo de microorganismos que se encuentran en productos fermentados y en algunos casos en sus materias primas (leche, vegetales, carne y sus respectivos derivados), son capaces de fermentar azúcares como la glucosa y lactosa, para producir ácido láctico. Las BAL confieren una función conservadora en los alimentos que se atribuye a la producción de metabolitos, que inhiben el desarrollo de bacterias alterantes y patógenas e incrementan su vida útil ([Camacho-Sánchez, 2018](#)).

Estos microorganismos tienen una amplia aplicación como cultivos iniciadores en una variedad de alimentos fermentados, tales como los quesos, cuya producción nacional alcanza las 500.000 toneladas y se ubica como productor mundial en séptimo lugar ([Gonzales et al., 2017](#)). En la provincia de Corrientes, una importante fuente de BAL son los quesos artesanales, cuya elaboración se realiza a partir de leche cruda de vaca y agente coagulante artesanal, obtenido por inmersión de trozos de cuajar salado y seco en leche ([Valenzuela López, Falcione, Maidana y Vasek, 2015](#)). La producción de estos quesos se encuentra ampliamente distribuida en la totalidad de la Provincia, y su microbiota presenta comportamientos fisiológicos y bioquímicos influenciados por las características ecológicas propias de la zona a partir de la cual se aíslan. Entre estas características, se destacan las propiedades de los suelos y la variabilidad climática presente.

Los eventos climatológicos en un clima subtropical como el que presenta la provincia de Corrientes incluyen abundantes precipitaciones que decrecen de noreste a suroeste y cuya distribución es contrastante a lo largo del año. La temperatura media anual varía entre 20 °C y 21 °C, con una mínima oscilación diaria, especialmente al noroeste, debido al elevado contenido de humedad del aire, que alcanza uno de los valores más elevados de la Argentina. En el norte el clima es afectado por las condiciones locales de las depresiones en el terreno y las aguas estancadas que operan como fuentes de evaporación permanente ([Scarpati, Capriolo y Puga, 2016](#)).

El suelo, como principal fuente de microorganismos termodúricos y termófilos ([Solid Organización Privada de Desarrollo, 2010](#)), provee de una microbiota muy diversa capaz de colonizar fuentes orgánicas diferentes con el objetivo de captar nutrientes para subsistir. Las BAL de origen lácteo proceden del ganado vacuno que se halla en contacto directo y permanente con el suelo, la vegetación natural de los establos y sus alrededores. El análisis de la diversidad intra-especie en una colección de cepas de *Lc. lactis* aisladas a partir de fermentos lácticos comerciales y fermentos autóctonos de productos lácteos y vegetales, constituidos por cepas salvajes, proveen evidencias que definen un origen vegetal en común, sin diferencias significativas ([Kelly, Ward y Leahy, 2010](#)).

2. Antecedentes

La dinámica ecológica presentada en la superficie se halla influenciada por la temperatura y la humedad haciéndose notable una variación tanto en la cantidad de biomasa como en su diversidad ([Lax et al., 2019](#)). Asimismo, mínimas variaciones en las condiciones del medio que conlleven a una situación de estrés (variaciones en temperatura y pH, entre otros) en los microorganismos, afecta en varios órdenes de magnitud a su viabilidad ([Grosu-Tudor, Stefan y Zamfir, 2016](#)).

Se demostró que la variación en las condiciones climáticas manifestadas a lo largo del año conlleva cambios en el contenido de la biomasa bacteriana en el suelo. Esto se debe, principalmente, a la influencia en la descomposición de la materia orgánica presente en la superficie y al modo en que factores tales como la humedad y la temperatura afectan a este proceso. Debido a esto, se plantea el hecho que, en períodos de inundación y sequía, los suelos de las áreas de producción quesera, vean modificado su microbioma, tanto cuali como cuantitativamente ([Pathan et al., 2017](#); [Bahram et al., 2018](#)).

El queso artesanal de Corrientes (QAC) es blando, con escasa o nula maduración, elaborado en la provincia argentina a partir de leche cruda de vaca y agente coagulante artesanal, obtenido por inmersión de trozos de cuajo en leche ([Valenzuela-López et al., 2015](#)). Esta producción artesanal como actividad secundaria a la ganadería, se perpetúa desde los años 1650-1700 (Vasek, Fusco y Cardozo, 2011). Estos productos tienen un volumen de producción apreciable y presentan un requerimiento interesante por parte del mercado local. “El QAC se elabora usando metodologías rudimentarias que se transmiten familiarmente de generación a generación en forma oral como patrimonio cultural” ([Vasek y Falcione, 2013, p.1](#)).

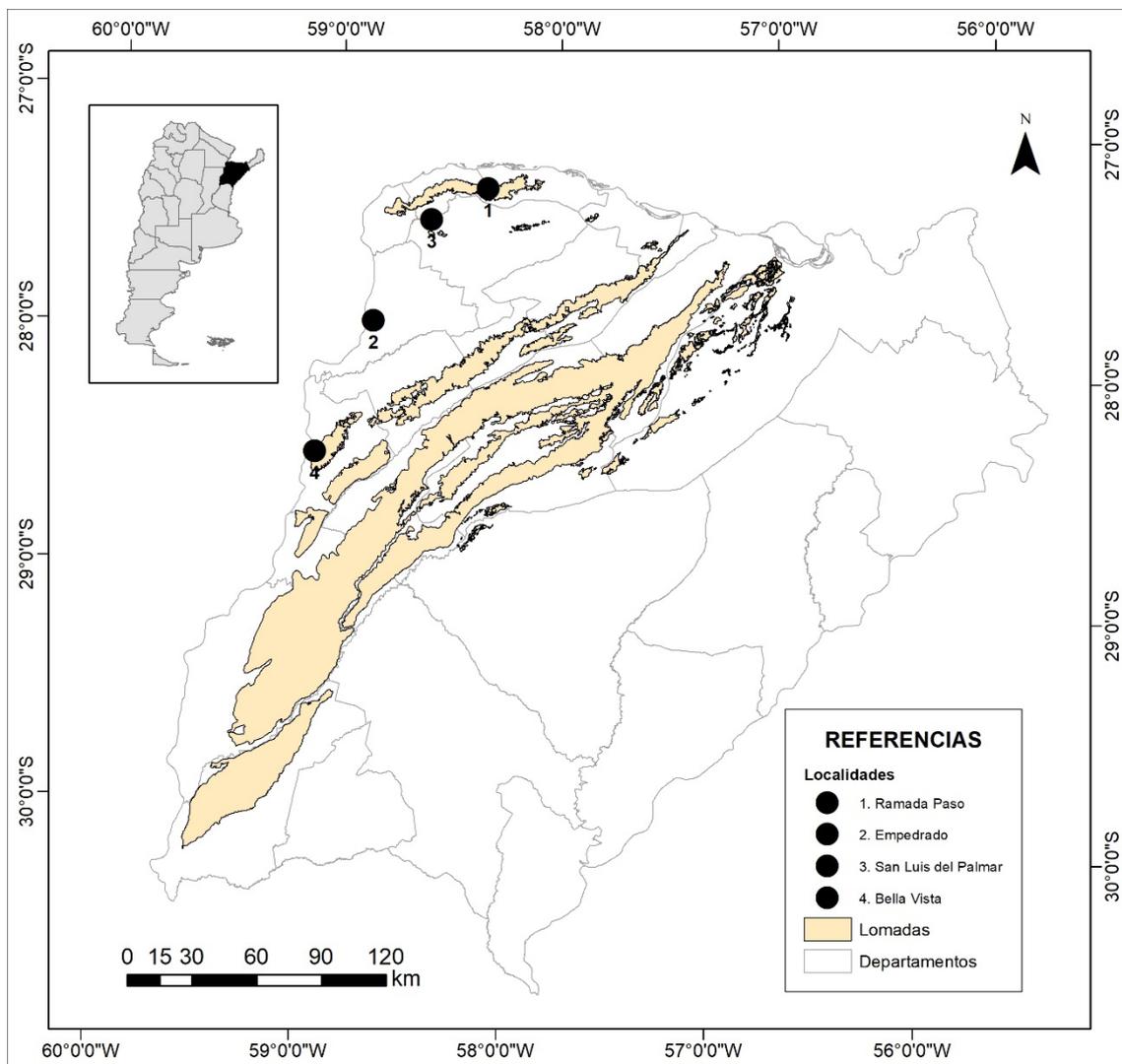
3. Materiales y métodos

3.1. Área de estudio

3.1.1. Lomadas y esteros

El área de estudio comprende a cuatro localidades pertenecientes a distintos departamentos ubicados en el noroeste de la provincia de Corrientes: Bella Vista, Empedrado, Ramada Paso y San Luis del Palmar (Figura 1). Fisiográficamente, integran la región denominada por Popolizio (1985, p.8), “Lomadas Arenosas y Planicies Embutidas”, posteriormente renombrada como “Lomadas arenosas y Esteros” por Contreras y Contreras (2018, p.68) para evitar confusiones, ya que el autor anteriormente mencionado, utiliza el mismo término en la vecina región del Chaco húmedo correspondiente a las provincias de Chaco y Formosa.

Figura 1. Definición de la región de estudio en función del análisis de los datos registrados para la provincia de Corrientes.



Fuente: elaboración propia.

La región de lomadas arenosas y esteros forma parte del antiguo abanico aluvial o “mega abanico” formado por el sistema del río Paraná, que cubre el NO y parte del SO de la provincia de Corrientes (Argentina), así como parte del Paraguay. Presenta una distancia lineal de alrededor de 260 km de longitud en sentido N-S y 500 km de ancho (Contreras, Ojeda y Contreras, 2014).

Durante el Cuaternario Superior, el río Paraná fue creando cursos relativamente estables que finalmente fueron abandonados por la corriente principal y sustituidos por grandes pantanos. Durante las fases secas, se produjo una importante deflación de arena en los cursos abandonados generando campos

de dunas del orden de los 80 km de largo y 5 km de ancho (Contreras y Contreras, 2018).

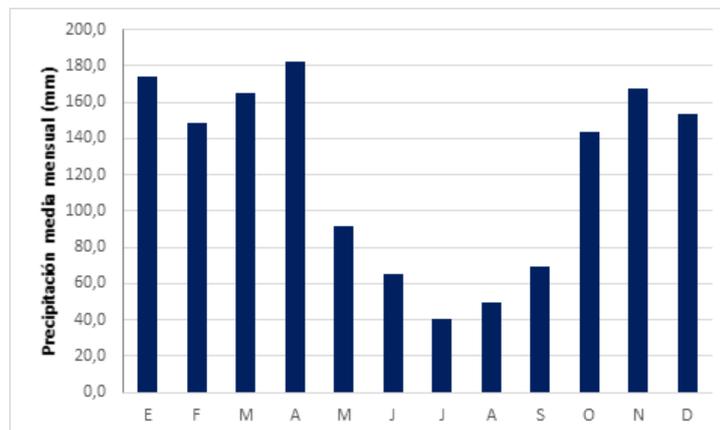
La ocupación sucesiva de diferentes tramos por parte del río Paraná hacia el norte conllevó al abandono de antiguos cursos y a la erosión lateral del abanico aluvial, dando como resultado una sucesión de diferentes paisajes de norte a sur, que varían entre pasados interfluvios que serían las actuales lomadas arenosas, áreas de terrazas anegadizas hasta incluso grandes extensiones de esteros y cursos autóctonos, cuyas aguas dependen de las precipitaciones locales.

En este contexto, las localidades de Bella Vista y Ramada Paso se encuentran sobre lomadas arenosas, mientras que Empedrado y San Luis del Palmar en sectores de terrazas propensos al anegamiento durante eventos de inundación.

3.1.2. Características climáticas

Respecto a las precipitaciones, en el noroeste de la provincia de Corrientes son abundantes, anualmente se registran 1.400 mm en promedio (Pyszczek, 2016) y presenta grandes contrastes en su distribución a lo largo del año. Durante los meses de verano (diciembre, enero, febrero y marzo) las precipitaciones pueden superar los 400 mm, produciéndose una cuarta parte del total de los montos anuales observados, fundamentalmente, por las lluvias de tipo ciclónicas y de inestabilidad local (tipo convectivas) por recalentamiento de la superficie (Figura 2).

Figura 2. Precipitación media mensual (mm) de la ciudad de Corrientes. Período 1962 – 2018.



Fuente: Servicio Meteorológico Nacional e Instituto Correntino del Agua y el Ambiente.

Para Pyszczek (2016), durante el invierno las precipitaciones sufren un drástico ajuste, generándose un fuerte gradiente pluvial, con montos que representan solo el 50% de las lluvias acaecidas en la estación opuesta. La sumatoria de las precipitaciones entre ambas estaciones representaría el 35% de las precipitaciones anuales, distribuyéndose el restante 65% en estaciones intermedias, principalmente durante el otoño.

3.1.3. Características del suelo

Las características del suelo de Bella Vista y Ramada Paso corresponden a la serie Chavarría (Ligier et al., 2014). (Tabla 1).

Presentan un horizonte ócrico, arenoso-franco, seguido de un Ebg, albico, de colores claros, arenoso, con abundantes moteados, sobrepuesto a un argílico, enterrado (Btbg), franco-arcillo-arenoso, de lenta permeabilidad. Se destaca un cambio textural abrupto entre ambos horizontes, que dificulta la entrada del agua, produciéndose una falsa napa de agua que fluctúa hasta cerca de la superficie, con movimientos laterales por el Ebg, ocasionando erosión sub-superficial. Esta napa freática generalmente está unida a numerosas lagunas circulares que existen en este ambiente. La profundidad efectiva generalmente es coincidente con el techo de la napa colgante (50-60 cm.)

Son suelos de muy baja fertilidad, con escaso tenor de materia orgánica, bajo contenido de bases de cambio y C.I.C., débilmente ácidos y de pobre retención de humedad en los horizontes superiores.

Tabla 1. Características de los horizontes de los suelos de Bella Vista y Ramada Paso.

	cm		meq/100g					
HZTE.	PROF.	pH	Ca	Mg	K	Na	H	T
Ap	0/10	4,3	1,6	0,4	0,1	0,1	1,9	4
A	oct-22	4,3	1	0,4	0,1	0,1	2,3	4
Cnk	22/43	4,3	1,6	0,4	0,1	0,1	1,4	4,4
Ebg	43/63	4,8	1	0,4	0,1	0,1	1,8	3,2
EBg	63/70	5,7	4	0,2	0,2	0,2	1,4	6,4
2Btgb1	70/80	6,2	10,8	2,2	0,7	0,4	1,8	15,7
2Btgb2	80/+	7,1	13,5	3,1	1,2	0,6	1,1	19,6

Fuente: elaboración propia en base a datos de Escobar, Ligier, Melgar, Matteio y Vallejos, 1996.

Presentan muy severas limitaciones que restringen la elección de plantas y requieren un manejo cuidadoso. Las principales limitantes se refieren al exceso de humedad con sobresaturación por tiempos prolongados, además de su baja fertilidad natural. El uso actual es la ganadería extensiva, no obstante, es utilizado para forestación y agricultura, con los consiguientes riesgos, si no se mejoran las condiciones de drenaje y fertilidad. Las características del suelo de Empedrado y San Luis del Palmar corresponden a la serie Oca (Ligier *et al.*, 2014) (Tabla 2):

Tabla 2. Características de los Horizontes de los suelos de Empedrado y San Luis del Palmar.

	cm		meq/100g					
HZTE.	PROF.	pH	Ca	Mg	K	Na	H	T
E	0/5	5,6	2,2	1	0,3	0,4	1,4	6,4
Btn1	may-14	6,7	3,9	1,2	0,3	4,1	1,4	12
Btn2	15/51	7,8	1,9	0,9	0,3	11,2	0,6	15,2
Btn3	51/72	9	0,4	14,2	...	20,6
Cnk	72/+	9,4	0,3	13,4	...	13,7

Fuente: elaboración propia en base a datos de Ligier *et al.*, 2014.

3.2. Análisis de la variabilidad climática

Para conocer los valores mensuales de las precipitaciones en la región se utilizaron los registros de la estación meteorológica Corrientes Aero perteneciente al Servicio Meteorológico Nacional, cuyos datos corresponden al período 1962–2018.

Para analizar las condiciones húmedas y de sequía se utilizó el Índice de Evapotranspiración y Precipitación Estandarizada (SPEI por sus siglas en inglés). Este índice tiene en cuenta tanto las precipitaciones como la evapotranspiración potencial en su formulación para expresar las relaciones de oferta y demanda de agua, a fin de comprender las influencias del cambio climático (Vicente-Serrano *et al.*, 2012).

El SPEI utiliza la ecuación FAO-56 Penman-Monteith (Allen, Pereira, Raes y Smith, 1998), con la cual se obtuvo el *SPEIbase v2.0*. Con un valor para la temperatura y la evaporación potencial (PET, por sus siglas en inglés), se calcula la diferencia entre la precipitación (P) y PET para el mes *i*, que proporciona una medida simple del excedente o déficit de agua para el mes analizado (<https://spei.csic.es>):

$$D_i = P_i - PET_i$$

Ecuación 1. FAO-56 Penman-Monteith (Allen, Pereira, Raes y Smith, 1998)

Los datos utilizados de SPEI 1 corresponden a datos mensuales cuya base de datos es de 118 años, entre 1901 y 2018. Los valores mensuales (SPEI-1) permiten conocer la distribución y el porcentaje de ocurrencia de eventos extremos durante el año pudiendo, a partir de ellos, realizar comparaciones intra- anuales durante el período de estudio. Los conjuntos de datos tienen una resolución espacial de 0.5 ° por 0.5 ° y se extrajeron para el punto de cuadrícula en Lat. -28.75 y Long: -58.75 (Bella Vista) y Lat. -27.25,

Long: -58.25 (Ramada Paso) y Lat. -27.75 y Long: -58.75 (San Luis del Palmar y Empedrado). Para el análisis de los eventos de inundación y sequía los resultados se clasificaron en función de sus valores (Tabla 3).

Tabla 3. Clasificación de los valores de SPEI.

Categorías	Valores de SPEI
Inundación extrema (IE)	> 2.0
Inundación severa	(1.99 , 1.5)
Inundación moderada	(1.49, 1.0)
Normal	(1.0 , -1.0)
Sequía moderada	(-1.0 , -1.49)
Sequía severa	(-1.5 , -1.99)
Sequía extrema (SE)	> - 2,0

Fuente: elaboración propia.

3.3. Caracterización fenotípica de bacterias lácticas

Se utilizaron datos de identificación fisiológico-bioquímica de 86 cepas de *Lc. lactis* subsp. *lactis* (Vasek, 2003), aisladas a partir del ambiente lácteo de diferentes regiones de Corrientes (Colección Institucional de Microorganismos autóctonos Universidad Nacional del Nordeste-Biotecnología Microbiana para la Innovación Alimentaria UNNE-BiMIA).

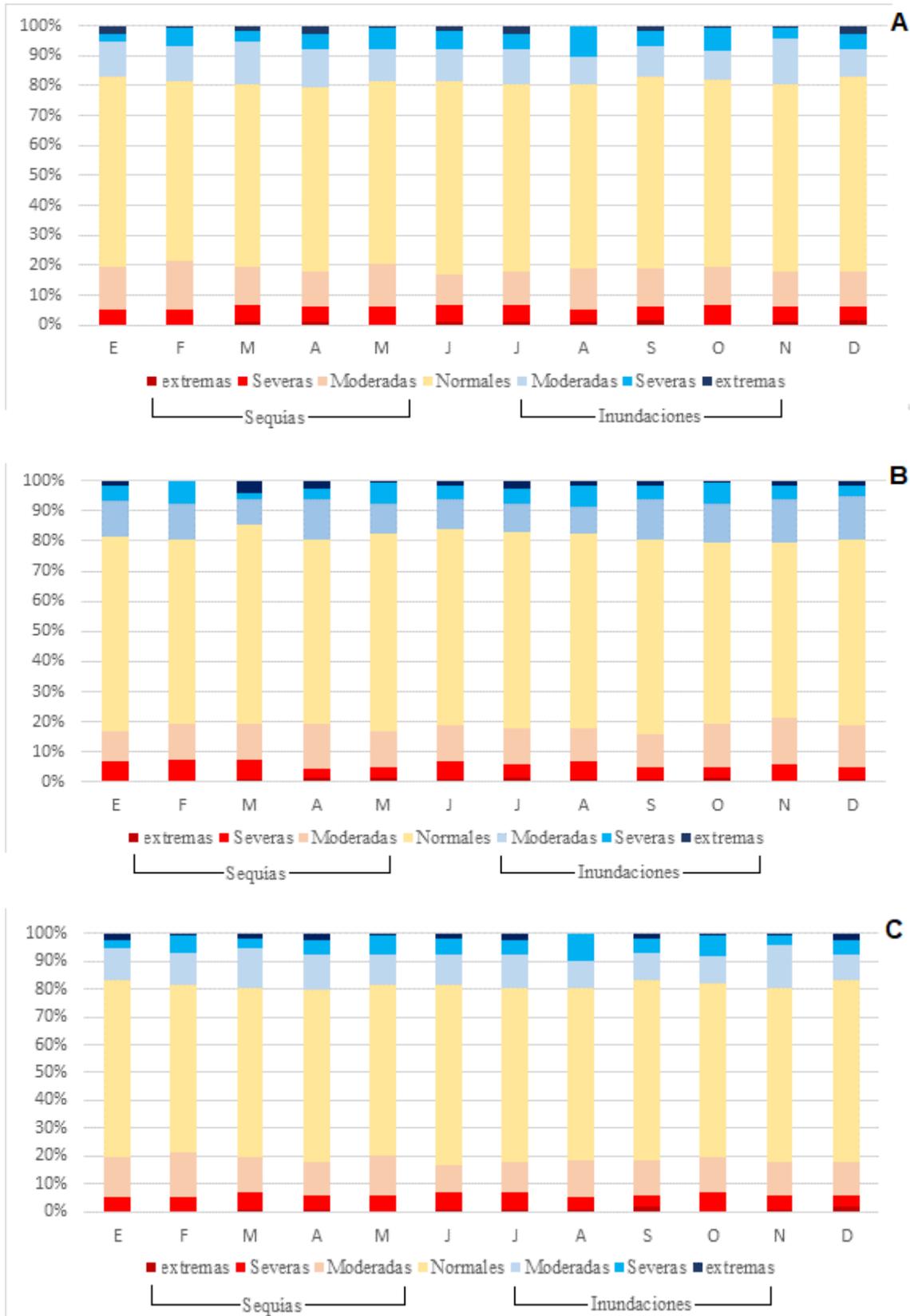
Para relacionar los datos de la variabilidad climática con las características fenotípicas de las bacterias lácticas autóctonas se utilizaron los resultados de los ensayos realizados de acuerdo con lo sugerido por Teuber (2009), seleccionando entre ellos los correspondientes a su tolerancia a la sal y a distintas temperaturas.

Para estos ensayos, las cepas aisladas, purificadas y activas se cultivaron en caldo Elliker (Biokar Diagnostic, Francia) conteniendo púrpura de bromocresol (1,6 %) y NaCl (4,0 y 6,5 %, p/v, respectivamente) con incubación a 35 °C durante 24 h y en caldo Elliker sin aditivos con incubación a 15, 40 y 45 °C durante 7 días. Se consideraron como resultados positivos a aquellos tubos de ensayos cuyo contenido viró el color del indicador como resultado de un descenso de pH además de presentar la turbidez característica del medio de cultivo debido al aumento de la población celular.

4. Resultados

Los resultados del análisis de los datos del SPEI -1 mostraron que, en líneas generales, presentan porcentajes de ocurrencias de eventos extremos similares, como era de esperarse, por encontrarse dentro de una misma región y próximos entre ellos. Sin embargo, existen diferencias entre la distribución y recurrencia de los eventos de inundación y sequía entre los diferentes casos (Figura 3). No obstante, los valores normales rondan entre 58 y 65 % mensualmente, pero en todos los casos el promedio anual es del 63%.

Figura 3. Porcentaje de ocurrencia de eventos de inundación y sequía en base a datos del SPEI -1 en Ramada Paso (A), Bella Vista (B), San Luis del Palmar y Empedrado (C). Período 1901 – 2018.



Fuente: elaboración propia.

En cuanto a la ocurrencia de eventos, las tres situaciones presentaron un mayor número de casos de sequía respecto a inundaciones: Ramada Paso (266s/263i), Bella Vista (262s/260i) y San Luis del Palmar / Empedrado (262s/253i). Sin embargo, al discriminar por tipo de eventos según su severidad, existe un dominio de los eventos extremos de inundaciones sobre los de sequías ya que, Ramada Paso posee 22

meses inundaciones extremas (IE) y 10 meses de sequías extremas (SE); Bella Vista posee 25 meses de IE y 13 meses de SE y San Luis del Palmar / Empedrado 26 meses IE y 13 meses SE. En base a los resultados, se afirma que en la región existieron más casos de sequía que de inundaciones, sin embargo, fueron el doble de recurrentes las inundaciones extremas que las sequías extremas. Esto demuestra que la localidad de Bella Vista posee una mayor ocurrencia de eventos extremos.

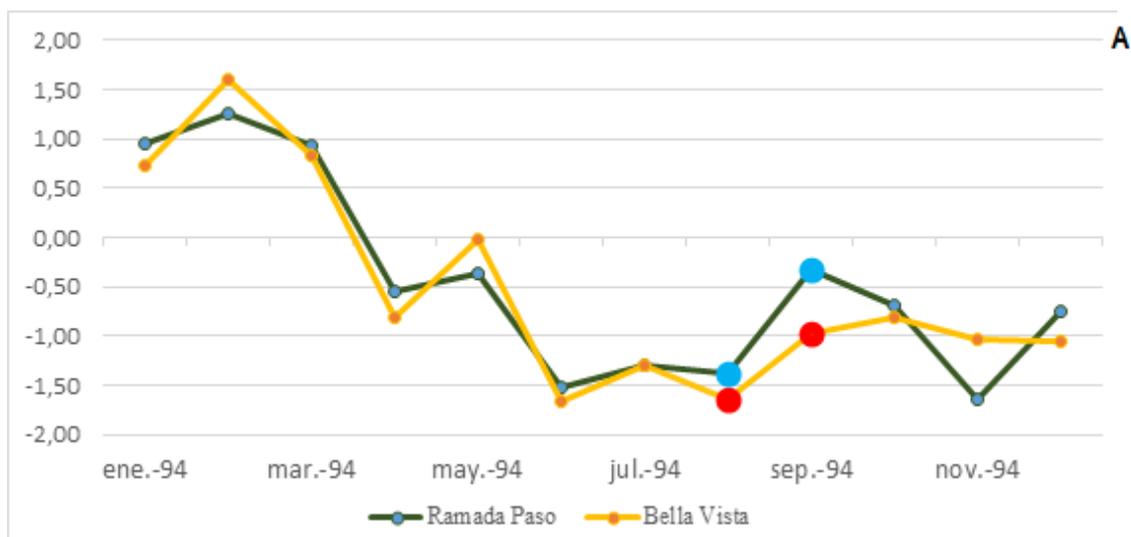
Durante el período de estudio, en Ramada Paso no se presentaron eventos extremos de sequía durante los meses de enero y febrero, manteniendo valores de 1 o 2 meses durante el resto del año. Por el contrario, los eventos extremos de inundaciones oscilaron entre 0 en el mes de agosto y 3 distribuidos durante el resto del año. Es decir que, durante el período estudiado, el monto de las precipitaciones en general, se mantuvo entre sequías severas e inundaciones extremas, las cuales demostraron mayor recurrencia durante el año. Si bien las precipitaciones disminuyeron durante los meses de invierno, en términos relativos, las mismas son lo suficientemente abundantes para no alcanzar valores extremos. Por otra parte, las elevadas tasas de evaporación en la región conllevaron a que los mayores valores de sequía se concentren en las estaciones más cálidas. Por su parte, Bella Vista, en comparación con Ramada Paso, presentó un menor número de meses con eventos de sequía, pero un mayor número de eventos de inundación, principalmente de inundaciones moderadas.

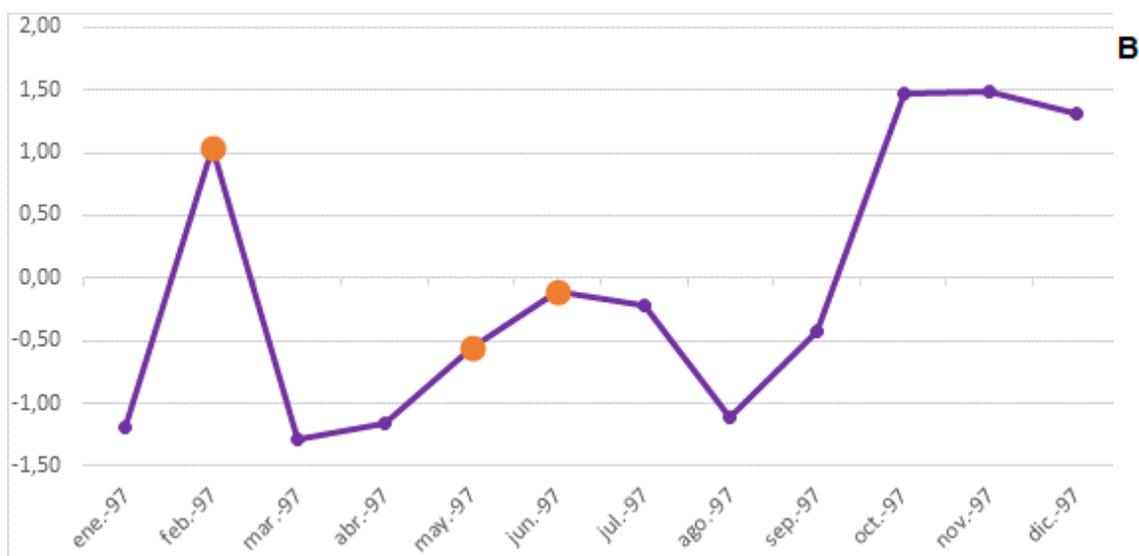
El análisis interanual de los valores de SPEI - 1 cuando se realizaron los muestreos, entre los años 1994 y 1997, demostró que en los mismos predominaron las sequías entre normales a severas en Ramada Paso y Bella Vista (Figura 4a). Es importante destacar que, si bien durante el mes de febrero del año 1994 se presentaron valores de inundaciones moderadas a severas, el paisaje de la provincia de Corrientes, principalmente, el de lomadas arenosas donde se asientan ambas localidades, demanda gran cantidad de agua, ya que, por ejemplo, el 25% de las lagunas que allí se ubican pueden llegar a secarse por completo en pocos meses (Contreras y Paira, 2016).

Para San Luis del Palmar y Empedrado (Figura 4b), los valores de inundaciones y sequías se repartieron en igual cantidad de meses, no obstante, a finales de 1997 las inundaciones se encontraron próximas al límite de inundaciones severas. Es importante destacar, que si bien el primer muestreo se realizó en un período normal de inundaciones, en el mes anterior las sequías fueron moderadas, por lo tanto, no existiría saturación de agua en el suelo al momento de realizar el muestreo. Las restantes toma de datos se realizaron en condiciones normales de sequía.

Otra cuestión a tener en cuenta es que, si bien ambas localidades se ubican relativamente cerca, los paisajes son diferentes y, en consecuencia, las respuestas ecológicas serán distintas.

Figura 4. Comparación entre los valores interanuales del SPEI -1. A) Muestreos en Ramada Paso y Bella Vista en el año 1994. B) Muestreos en Empedrado y San Luis del Palmar en el año 1997.





Fuente: elaboración propia.

El análisis estadístico de los datos tabulados correspondientes a los ensayos bioquímicos, aplicando la técnica de *clusterings* sucesivos de análisis multivariante a una distancia de Jaccard (dJ) de 0,53, permitió la separación de cinco conglomerados. La agrupación por localidad se presenta en la [Tabla 4](#).

Tabla 4. Cantidad de cepas agrupadas en cada conglomerado obtenido.

Localidad	Conglomerado1	Conglomerado2	Conglomerado3	Conglomerado4	Conglomerado5
Bella Vista	-	6	-	-	-
Empedrado	49	-	4	3	1
San Luis	-	-	1	-	-
Ramada Paso	4	16	-	1	1

Fuente: elaboración propia.

El conglomerado 1 agrupó a la mayor cantidad de las cepas (49), siendo éstas, las provenientes de Empedrado y en menor cuantía (4) de la localidad de Ramada Paso. Estas diferencias significativas, en principio, se relacionan con las unidades paisajísticas en las cuales se asienta cada localidad. En el caso de Empedrado, las características del suelo presentaron un pH alcalino mientras que sobre las arenas de Ramada Paso el mismo es ácido ([Ligier et al., 2014](#)).

El segundo conglomerado en cuanto a cantidad de cepas, agrupó en su mayoría a organismos aislados en Ramada Paso y en menor cantidad a aquellas provenientes de Bella Vista; ambas localidades con lomadas arenosas, es decir un mismo paisaje.

El conglomerado 3 se conformó por el 5,81% del total de cepas aisladas (Departamentos Empedrado y San Luis del Palmar) procedentes de zonas anegadizas.

Los conglomerados 4 y 5 reunieron a cepas provenientes de Empedrado y Ramada Paso, paisajes contrastantes de zonas anegadizas y lomadas arenosas respectivamente.

La presencia exclusiva de cepas provenientes de la localidad de Bella Vista en el conglomerado 2, así como la de microorganismos originarios de la localidad de San Luis en el conglomerado 3, se puede entender al analizar que estos conglomerados se constituyen con cepas provenientes de paisajes de lomadas arenosas y paisaje de zonas anegadizas respectivamente.

Los conglomerados que agruparon cepas provenientes de paisajes con suelos fisicoquímicamente diferentes pueden entenderse desde la capacidad adaptativa que presentan las cepas, ante posibles variaciones puntuales de condiciones ambientales zonales al momento de su aislamiento. Cuando son sometidas a factores de estrés, como cambios en el pH o salinidad (por condiciones climáticas variables), los mecanismos de equilibrio homeostático que presentan las células bacterianas, como ser la modificación de componentes lipídicos de membrana o la producción de solutos compatibles a fin de disminuir la desregulación salina; podrían explicar, en principio, la presencia de cepas con características de crecimiento ácido en suelos salinos-alcalinos ([Papadimitriou et al., 2016](#); [Liu, Chan, Chen, Solem y](#)

Jensen, 2019; Namirimu, Kim y Zo, 2019).

El hecho que el conglomerado 1 agrupe a menor cantidad cepas de un paisaje con suelo ácido en contraste al suelo salino que presenta Empedrado, evidencia que en el suelo de Ramada Paso, probablemente, se esté generando una evolución del microbioma bacteriano camino a una diversificación de la microbiota láctica autóctona del lugar. La misma estaría ocurriendo aún en bajo número de cepas por la estenotolerancia controlada debido al factor ácido imperante en su suelo, limitando las adaptaciones al estrés fisicoquímico, dejando poco espacio para la evolución de las interacciones entre las especies que se encuentran integradas y en equilibrio (Atlas y Bartha, 2002). Esto mismo podría explicar la agrupación de cepas provenientes de paisajes contrastantes en los conglomerados 4 y 5.

En aquellos conglomerados que agruparon a cepas provenientes del mismo paisaje se evidencia un fuerte factor unidireccional que domina su presencia en ese suelo. Este factor comprendería a las condiciones salino-alcálinas en paisajes anegadizos y a las condiciones ácidas y con baja concentración de sales en los paisajes de lomadas arenosas.

Al aplicar el procedimiento de componentes principales, se observó una acusada dispersión de los casos en función de las variables ensayadas, a los ensayos de crecimiento en medios con NaCl (6,5%) y pH=9,6 como las variables con mayor peso positivo. Así, se infiere, en principio, la formación de dos grupos, uno conformado por cepas propias de un medio salino-alcálico (aquellas agrupadas en torno a valores positivos de los ensayos mencionados) y otro más pequeño que incluye a cepas características de medios de menor salinidad (ubicadas en extremos opuestos de la figura de componentes principales).

Aquellas cepas asociadas a un medio salino-alcálico se aislaron de regiones anegadizas en los Departamentos Empedrado y San Luis del Palmar. Aquellas cepas asociadas a un medio de crecimiento de menor salinidad, provienen de zonas de lomadas arenosas, donde la concentración de sodio es muy baja, como es el caso de Ramada Paso y Bella Vista. Conocer la situación de la variabilidad climática al realizar los muestreos es sumamente significativo, ya que situaciones extremas de inundación, por ejemplo, pueden alterar las características fisicoquímicas del suelo. Es decir, si bien las lomadas arenosas poseen suelos ácidos, el aumento de la napa freática superficial por saturación de agua arrastra sales y minerales del horizonte siguiente, disminuyendo los niveles de acidez (Contreras y Contreras, 2018). Por el contrario, en paisajes anegadizos como los de Empedrado y San Luis del Palmar, la saturación de agua en el suelo puede disminuir su concentración en sales. En consecuencia, al modificar las características fisicoquímicas del suelo existirán repercusiones en la ecología asociada al mismo (Bahram *et al.*, 2018), permitiendo fluctuaciones en las poblaciones bacterianas reguladas por la variabilidad climática y estableciendo lo que se conoce como nicho temporal (Atlas y Bartha, 2002), para estas BAL autóctonas en los suelos correntinos, asociadas a los fenómenos climatológicos subyacentes en los períodos temporales estudiados.

5. Conclusiones

En ambientes subtropicales como los paisajes correntinos, los cuales se encuentran íntimamente ligados con la disponibilidad de agua; conocer las características de la variabilidad climática local y el modo en que la misma repercute en las dinámicas naturales del lugar, debe ser el punto de partida para toda investigación que aborde temas vinculados a la ecología propia de las unidades del paisaje.

Los resultados de SPEI-1 demostraron que en el noroeste de la provincia de Corrientes desde 1901 hasta el año 2018, los meses de sequía fueron más numerosos que los de inundación, sin embargo, estas últimas demostraron ser más extremas que las primeras. En este sentido, los meses de enero y febrero no presentaron sequías extremas, sin embargo, las mismas se desarrollarían entre otoño y primavera, pero principalmente entre los meses de otoño e invierno. Por el contrario, los eventos de inundación extrema pudieron desarrollarse durante todo el año, principalmente durante la estación de otoño, aunque no existen diferencias significativas.

El análisis interanual de los años de muestreos, permitió conocer las características de humedad en el paisaje en dichos momentos. Los resultados demostraron que los mismos se realizaron en eventos de sequía, con lo cual las características del suelo difícilmente se vieran modificadas por la saturación de agua.

Los resultados de laboratorio demostraron que las cepas de bacterias lácticas aisladas a partir de quesos artesanales de la región, se agruparon en función de condiciones fisicoquímicas desarrolladas durante su crecimiento. Las mismas presentaron coincidencias en cuanto a la agrupación en función del paisaje a partir del cual se obtuvieron. En este sentido, cepas que presentaron desarrollo más abundante en ambientes alcalinos, se correspondieron con unidades de paisajes con valores de pH en suelos más elevados, mientras que las que precisaban ambientes ácidos, se correspondieron con paisajes de suelos ácidos.

Los resultados obtenidos permitirían, en primer lugar, conocer qué bacterias lácticas se hallarían en relación a cada paisaje y, a su vez, vincularlas con la variabilidad climática local. En segundo lugar, los mismos amplían los conocimientos sobre la biogeografía microbiana regional, particularmente la de las bacterias ácido lácticas.

Si bien este trabajo aún se encuentra en etapa de desarrollo, los primeros resultados demuestran ser prometedores en pos de adquirir conocimientos muy valiosos desde el punto de vista de la producción artesanal y, potencialmente industrial, de los quesos correntinos. Sumando valor agregado a un producto típico regional.

6. Agradecimientos

Esta investigación fue parcialmente financiada por los proyectos PI 19Q002 de la SGCyT – UNNE y el PICT- 2018 – 00636 – DT.

El abstract de este trabajo fue traducido por Joaquín Alejandro Maidana.

Referencias bibliográficas

- Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D., y Smith, M. (1998). *Evapotranspiración de cultivos: Directrices para calcular los requisitos de los cultivos, documento de riego y drenaje* 56. Roma, Italia: FAO.
- Atlas, M. R. y Bartha, R. (2002). *Ecología microbiana y Microbiología ambiental*. Madrid, España: Pearson Educación, S. A.
- Bahram, M., Hildebrand, F., Forslund, S.K., Anderson, J. L., Soudzilovskaia, N. A.,...Bork, P. (2018). Structure and function of the global topsoil microbiome. *Nature*, 560, 233–237. doi: [10.1038/s41586-018-0386-6](https://doi.org/10.1038/s41586-018-0386-6).
- Camacho-Sánchez, T. G. (2018). *Secuenciación de la región 16S de cepas aisladas de BAL y determinación de su capacidad bactericida* (Tesis de pregrado). Universidad del Azuay, Cuenca, Ecuador.
- Contreras, F. I., y Paira, A. R. (2016). Aplicación del índice de cambio a las variaciones morfométricas de las lagunas de lomadas arenosas. El caso de Bella Vista (Corrientes, Argentina). *Revista de Geografía*, 21, 31-38.
- Contreras, F. I., y Contreras, S. A. (2018). Contribución al Conocimiento Sobre Origen de las Lagunas de la Región de Lomadas Arenosas del Mega Abanico Aluvial del Río Paraná. *Anuário do Instituto de Geociências*, 41(1), 66-79. doi: http://dx.doi.org/10.11137/2018_1_66_79
- Contreras F. I., Ojeda E. A., y Contreras, S. A. (2014). Aplicación de la Línea de Costa en el estudio morfométrico de las lagunas de las lomadas arenosas de Corrientes, Argentina. *Contribuciones Científicas GAEA*, 26, 65-78. Recuperado de: <http://gaea.org.ar/contribuciones/Contribuciones2014/Contreras.pdf>
- Escobar, E. H., Ligier, H. D., Melgar, R., Matteio, H., y Vallejos, O. (1996). *Mapa de Suelos de la Provincia de Corrientes*. Corrientes, Argentina: INTA.
- González, M. A., Castells, M. L., Di Risio, J., Juliano, P., García Flores, R., Rosenthal A.,...Mattos, C. (2017). *Valorización del lactosuero*. Recuperado de: <https://www.inti.gob.ar/publicaciones/descargac/16>
- Grosu-Tudor, S. S., Stefan, I. R. y Zamfir, M. (2016). Growth/survival of some functional lactic acid bacteria under different stress conditions. *AgroLife Scientific Journal*, 5(2), 71-78. Recuperado de: http://agrolifejournal.usamv.ro/pdf/vol.V_2/Art11.pdf
- Kelly, W. J., Ward, L. J. H. y Leahy, S. C. (2010). Chromosomal Diversity in *Lactococcus lactis* and the Origin of Dairy Starter Cultures. *Genome Biology and Evolution*, 2, 729–744. doi: doi.org/10.1093/gbe/evq056
- Lax, S., Cardona, C., Zhao, D., Wintonc, V. J., Goodney, G., Gao, P., ... Gilbert, J. A. (2019). Microbial and metabolic succession on common building materials under high humidity conditions. *Nature Communications*, 10(1767). doi: [10.1038/s41467-019-09764-z](https://doi.org/10.1038/s41467-019-09764-z)
- Ligier, H. D., Matteio, H. R., Garay, J. M., Vallejos, O., Inomata, S., Kurtz, D.B. y Flores, C. L. (2014). *Evaluación de tierras para el cultivo de caña de azúcar en la Provincia de Corrientes*. CFI Provincia de Corrientes,

EEA INTA Corrientes, Recursos Naturales.

- Liu, J., Chan, S. H. J., Chen, J., Solem, C. y Jensen, P. R. (2019). Systems Biology—A guide for understanding and developing improved strains of lactic acid bacteria. Review. *Frontier in Microbiology*, 10, 876. doi: doi.org/10.3389/fmicb.2019.00876
- Namirimu, T., Kim, J. y Zo, Y-G. (2019). Isolation and Identification of Alkali-tolerant Bacteria from Near-Shore Soils in Dokdo Island. *Microbiology Biotechnology Lett*, 47(1), 105-115. doi: [10.4014/mbl.1807.07018](https://doi.org/10.4014/mbl.1807.07018)
- Papadimitriou, K., Alegría, A., Bron, P.A., Angelis, A., Gobbetti, M., Kleerebezem, M., Lemos, J.A., Linares, D.M., Ross, P., Stanton, C., Turrone, F., Van Sinderen D., Varmanen, P., Ventura, M., Zúñiga, M., Tsakalidou, E. Y Kok, J. 2016. *Stress physiology of lactic acid bacteria*. *Microbiol Mol Biol Rev*, 80(3), 837-890.
- Pathan, S. I., Žifčáková, L., Ceccherini, M. T., Pantani, O. L., Větrovský, T., y Baldrian, P. (2017). Seasonal variation and distribution of total and active microbial community of b-glucosidase encoding genes in coniferous forest soil. *Soil Biology & Biochemistry*, 105, 71-80. doi:[10.1016/j.soilbio.2016.11.003](https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2016.11.003)
- Popolizio, E. (1985). Geomorfología. *D'Orbigniana*, 22, 7-10.
- Pyszczek, L. O. (2016). Condiciones atmosféricas y clasificación climática del espacio geográfico correntino. En Contreras, F. I. y Odriozola, M. P. (Comp), *III Libro de la Junta de Geografía de la Provincia de Corrientes* (pp. 6-17). Corrientes, Argentina: Junta de Geografía de la Provincia de Corrientes.
- Scarpatti, O. E., Capriolo, A. D., y Puga, Y. E. (2016). Producción arroceras y evolución de elementos climáticos en la provincia de Corrientes (Argentina). *Estudios Geográficos*, 77(280), 311-331. doi: [10.3989/estgeogr.201611](https://doi.org/10.3989/estgeogr.201611)
- Solid Organización Privada de Desarrollo. (2010). *Tecnología productiva de lácteos*. Calidad de la leche. Recuperado de :<https://www.yumpu.com/es/document/view/17416602/marco-referencial-manejo-ganadero-ayacucho>. Accessed oct/2019.
- Teuber M. (2009). Genus II. Lactococcus. En Vos, P., Garrity, G., Jones, D., Krieg, N. R., Ludwig, W., Rainey, F. A., Schleifer, K. H. y Whitman W. (Eds.). *Bergey's Manual of Systematic Bacteriology*. Volume 3: The Firmicutes (pp. 711-722). New York: Springer.
- Valenzuela López, J. A., Falcione, L. F., Maidana, M. M., y Vasek O. M. (2015). Comparación tecnológica de agente coagulante artesanal y comercial en la maduración de quesos. En *Annais do Simpósio Lácteos e Saúde*. Simposio llevado a cabo por el Centro de Tecnología de Laticínios do Instituto de Tecnología de Alimentos- Tecnolat/ITA, Campinas-SP-ITAL.
- Vasek, O. M., y Falcione, L. F. (2013). Strategy co-creatin value for cheeses production in Ramada Paso-Itati, Corrientes-Argentina. Exploiting the local food resource. Proceeding. En *VI Congresso Internacional Sistemas Agroalimentares Localizados*. Congreso llevado a cabo por Universidade Federal do San Carlos, Florianópolis, Brasil.
- Vasek, O. M., Fusco, A. J. V., y Cardozo, M. C. (2011). El caso de los Quesos Artesanales de Corrientes, Argentina. En Porrúa, M.A. (Ed.), *De la leche al queso: tradición, tecnología y mercados en América Latina* (pp.199-223). Ciudad de México, México: IICA-CIRAD.
- Vasek, O. M. (2003). *Fermento autóctono para la elaboración de queso artesanal de Corrientes*. (Tesis doctoral). Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura-Universidad Nacional del Nordeste, Corrientes, Argentina.
- Vicente-Serrano, S. M., Beguería, S., Lorenzo-Lacruz, J., Camarero, J. J., López-Moreno, J. I., Azorín-Molina, C., ... y Sánchez-Lorenzo, A. (2012). Análisis comparativo de diferentes índices de sequía para aplicaciones ecológicas, agrícolas e hidrológicas. En Rodríguez-Puebla, C., Ceballos-Barbancho, A., Hernández- Encinas, A. (Presidencia). *Cambio climático. Extremos e impactos*. Congreso llevado a cabo en el VIII Congreso Internacional de la Asociación Española de Climatología, Salamanca, España.