



unap.cl

Revista Digital **CANCHONES**

ISSN 2735-6647 N°13 Noviembre 2024

La Agricultura y la Ruralidad de nuestro Norte
UNIVERSIDAD ARTURO PRAT CONOCIMIENTO Y TERRITORIO

faren Facultad de Recursos
Naturales Renovables



Revista Digital **CANCHONES**

ISSN 2735-6647 N°13 Noviembre 2024

Son misiones de la Universidad Arturo Prat, el vínculo con los pueblos originarios, la integración transfronteriza y la interculturalidad. Por lo anterior, la agricultura de desierto y, el ámbito geográfico y político donde esta desarrolla, son temáticas de interés principal para nuestra universidad. De igual forma las comunidades asociadas con el sector rural y sus diversas problemáticas y potencialidades muy relevantes para nuestra Universidad y obviamente, para la Revista Canchones.

Responsables de la Publicación

Dr. Jorge Arenas Ch.	Ingeniero Agrónomo	<i>jarenas@unap.cl</i>
Dr. Jorge Olave V.	Ingeniero Agrónomo	<i>jolave@unap.cl</i>
Marcelo Rojas A.	Ingeniero Forestal	<i>mrojasa@unap.cl</i>
Mg. Dr(c)Alex Zuñiga F.	Ingeniero Comercial	<i>azuniga@unap.cl</i>

APOYO EN LA EDICIÓN DE LA REVISTA

Dirección General de Vinculación con el Medio y Relaciones Internacionales

REPOSITORIO CON NÚMEROS ANTERIORES

www.unap.cl/revistacanchones

Las opiniones vertidas en la Revista Digital Canchones, son de exclusiva responsabilidad de quienes las emiten, quedando la Universidad Arturo Prat liberada de cualquier responsabilidad civil o penal que ello conlleve.

INDICE

<i>Comentarios para iniciar este número.</i> _____	5
<i>Nuestro deber con las juventudes rurales.</i> Eduardo Justo Cruces _____	6
<i>Dinámicas asociadas con el desarrollo de la pequeña agricultura.</i> <i>El caso de la provincia del Tamarugal en la región de Tarapacá.</i> Dr. Jorge Arenas Charlín _____	7
<i>Ciencia y Laboratorios Naturales. LabAncestral.</i> Dr. Jorge Olave Vera _____	16
<i>Caracterización socio productiva de los campesinos del desierto chileno,</i> <i>2022. Regiones de Tarapacá y Antofagasta.</i> Mg. Dr(c) Alex Zúñiga Flores _____	18
<i>Hongos micorrícicos arbusculares como parte del “terroir”</i> <i>microbiano en viñedos.</i> Dr. Alexis Velásquez Sáez _____	19
<i>Producción de Hortalizas en Invernaderos en</i> <i>Zonas Costeras del Desierto de Atacama Utilizando Agua de Niebla.</i> Dr. Francisco Albornoz Gutiérrez _____	21
<i>Modelado biomatemático y ciencia aplicada al manejo</i> <i>agronómico: estrategias basadas en datos para</i> <i>temperaturas máximas extremas.</i> Dr. William Campillay-Llanos, M. Sc. Patricio González-Colville _____	21
<i>Importancia de la reforestación en la Pampa del Tamarugal</i> Marcelo Rojas Arias _____	21

Comentarios para iniciar este Número

Como universidad regional, tenemos una percepción y visión del territorio, los cuales, no siempre son coincidentes con las existentes en los grandes centros decisionales de nuestro país, estando estos ubicados, principalmente, en la Región Metropolitana.

Desde su inicio, nuestra revista Canchones ha sido, y es, un espacio para opinar respecto de nuestra ruralidad, buscando el conversar y discutir respecto de un hermoso territorio y, que es habitado por personas y comunidades destacables, todos ubicados dentro de un entorno administrativo y económico cada vez más amenazante y lejano.

Hay que tener claridad que, para el desarrollo agrícola de un sector, se deben considerar distintas perspectivas y propuestas, las cuales deben incorporar las particularidades de cada territorio y, paralelamente, obviar las soluciones únicas y permanentes. Conversar, escuchar, discrepar y acordar, son 4 de las simientes básicas para el logro de un desarrollo sustentable. Lo anterior, ha sido el gran desafío que hemos tratado de asumir en cada número de esta revista

Como siempre, se reitera que esta es una revista digital absolutamente inclusiva, en donde se respetan todas las ideas que quieran ser expresadas, siendo un espacio para la discusión, análisis y conclusiones que sirvan para mejorar nuestra ruralidad. Como revista universitaria, las únicas restricciones planteadas son el respeto al lector y el apego a la verdad.

Esperamos que la Revista Canchones sea una opción de interactuar para quienes trabajan en y con la agricultura y, en general, para todos a quienes efectivamente les importa la ruralidad de nuestra región y de nuestro norte. Nuestro correo electrónico es, revistacanchones@unap.cl, quedamos a la espera de sus comentarios y opiniones, los cuales siempre han sido y serán elementos fundamentales para mejorar este medio de conversación y de comunicación

Comentarios para iniciar este Número

Este año el Instituto de Desarrollo Agropecuario, servicio dependiente del Ministerio de Agricultura, junto al Instituto Nacional de la Juventud llevó a cabo la primera consulta para construir una Política Nacional de Juventudes Rurales. Esta se desarrolló entre el 24 de mayo y el 19 de julio en modalidad virtual.

El Indap ya ha dado a conocer algunos resultados que serán clave para las futuras políticas públicas. Y aunque la mayoría de las y los encuestados dijeron dedicarse a la agricultura, ganadería y silvicultura (el 34,38%), este desafío debemos enfrentarlo de forma integral como Gobierno.

Entre las mayores dificultades para su desarrollo en el mundo rural las y los jóvenes identificaron en primer lugar el transporte (60,34%), es decir, la falta de recorridos desde y hacia los centros urbanos, así como el mal estado de los caminos. Luego, y vinculado a la conectividad, está la falta de acceso a internet (49,97%), una dificultad para los jóvenes rurales que es seguida de cerca por la falta de gestión respecto al uso del suelo y el agua (48,69%).

No es el único desafío que tenemos, ya que muchos jóvenes están optando por volver a la ruralidad con todos los desafíos que aquello conlleva. Según proyecciones del Instituto Nacional de Estadísticas a partir del Censo de 2017, se estima que para este año la población rural entre 15 y 39 años (la consulta de Indap consideraba jóvenes hasta los 40 años) supere las 680 mil personas, la mayoría de ellas con educación media, técnica y universitaria. Esta situación nos obliga a tomar acciones enfocadas en disminuir las brechas ya señaladas.

Es por ello que hemos tomado acciones, partiendo por la realización de esta consulta nacional que nace a solicitud de nuestro Presidente Gabriel Boric en el Encuentro Nacional del Agro 2023 organizado por la Sociedad Nacional de Agricultura.

“En los recorridos que he hecho por el mundo rural he podido



Eduardo Justo Cruces
Magíster Ingeniero en Información
y Control de Gestión
Seremi de Agricultura – Región de Tarapacá
oirs.tarapaca@minagri.gob.cl

evidenciar la deuda histórica del Estado con el campo, las dificultades que enfrentan las familias para que sus hijos continúen sus estudios, los problemas que hay con la movilización y el transporte escolar, la falta de liceos de continuidad. Queremos que la vida rural sea una opción real para las futuras generaciones, que no tengan la obligación de exiliarse en la ciudad en búsqueda de mejores oportunidades y que, por el contrario, el campo sea sinónimo de calidad de vida, de innovación y de futuro”, nos dijo el Presidente justo antes de encargarle esta importante labor al ministro de Agricultura Esteban Valenzuela.

Es evidente, y también me ha tocado verlo en mis recorridos por la Provincia del Tamarugal, que las zonas rurales están envejeciendo, pero tenemos esperanzas en los nuevos líderes. Por ejemplo, durante el actual Gobierno se conformó la Mesa Técnica Tri-Regional de Ganadería Camélida que es liderada por representantes del territorio biocultural andino de la Macrozona Norte y que en la Región de Tarapacá encabezan ganaderos y ganaderas de Colchane y Alto Pica, todos ellos de la generación sub-40.

Con este grupo de dirigentes y dirigentas hemos coordinado distintas acciones, como la Cumbre Camélida realizada este 2024 en la comuna de Pica como parte de las acciones en el marco del Año Internacional de los Camélidos instaurado por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Y no solo eso. También hemos levantado un seguro camélido para llamas y alpacas en las

regiones de Arica Parinacota, Tarapacá y Antofagasta a través de Agroseguros, además de otros proyectos como el Plan Camélido de Indap y el manejo sanitario de camélidos domésticos elaborado por el Servicio Agrícola y Ganadero, el que fue presentado a financiamiento del Gobierno Regional de Tarapacá y del cual confiamos que pronto podremos ejecutar en beneficio de la ganadería camélida.

A esto se suma la anhelada y demandada necesidad de un centro de faenamiento en la Región de Tarapacá donde también hemos articulado el diálogo con los ganaderos caprinos y ovinos a través de la Asociación Indígena Campesina Pampa del Tamarugal liderada también por otro joven dirigente de Pozo Almonte.

Asimismo, el propio Presidente Boric anunció en la última conmemoración del Día de las y los Campesinos el pasado 28 de julio que los usuarios Indap tendrán condiciones preferentes para actualizar los contratos de arriendo que mantengan en terrenos fiscales y que los jóvenes rurales podrán contar con el apoyo de créditos del Banco Estado y subsidios de Indap.

A nivel de asociatividad y agricultura orgánica destacamos también el trabajo que hace la Cooperativa Agroecológica de Pica, Ecopicacoop, que está integrada por mujeres y hombres jóvenes, quienes se dedican a rubros tan variados como el cultivo de cítricos y la apicultura en medio del desierto. Desde 2022 que sus integrantes participan del programa Agro Coop Innova de la Fundación para la Innovación Agraria del Ministerio de Agricultura, una iniciativa que busca generar un apoyo integral a la gestión de las cooperativas desarrollando sus capacidades y articulando su relación con otros programas del Estado para fortalecer el aporte de las cooperativas a la producción de alimentos.

A todo esto sumamos una innovación en nuestro rol, ya que gracias a una alianza con la Subsecretaría de Pesca logramos apalancar recursos del Fondo de Cooperación Internacional

Chile – México para apoyar a pequeñas productoras del borde costero, muchas de ellas jóvenes, a través de la Agencia Chilena para la Calidad e Inocuidad Alimentaria, otro de nuestros servicios Minagri, con el fin de acompañarlas en el mejoramiento de sus condiciones sanitarias durante el proceso productivo. Apoyamos a productoras de las caletas, más allá de la agricultura, pero sin alejarnos de nuestra responsabilidad con el mundo rural.

Acciones más o acciones menos, desde el Ministerio de Agricultura no nos hemos quedado de brazos cruzados ante esta deuda que tenemos con nuestra ruralidad y en especial con sus juventudes. Por cierto, que esa responsabilidad no puede recaer solo en nuestra cartera y es por eso que hemos extendido las coordinaciones y gestiones con todo el gabinete regional liderado en nuestra Provincia del Tamarugal por la delegada presidencial Camila Castillo y en la región por el delegado presidencial Daniel Quinteros.

Con la delegada presidencial del Tamarugal y el director regional de Indap, Adolfo Hidalgo, hemos estado en conversaciones para articular la instalación de puntos de conexión a internet en sectores aislados de nuestra provincia rural, así como la posibilidad de gestionar nuevos recorridos de transporte público entre comunas, por ejemplo, para que las y los agricultores de Camiña o Huará puedan ir directamente a la oficina de Indap en Pozo Almonte, visibilizando la importancia de trayectos entre localidades rurales.

Nos queda poco más de un año de Gobierno y no puedo dejar de mencionar el giro que nuestro ministro Esteban Valenzuela le ha dado al Ministerio de Agricultura, llevándolo más allá, consciente de que el trabajo de la tierra es un desafío profundo, y apostando para que, a futuro, quién sabe, tengamos un Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural.



Dinámicas asociadas con el desarrollo de la pequeña agricultura. El caso de la provincia del Tamarugal en la región de Tarapacá

Jorge Arenas Charlín
 Doctor Ingeniero Agrónomo
 jarenas@unap.cl
 Facultad de Recursos Naturales Renovables
 Universidad Arturo Prat



1 ANÁLISIS INICIAL

En este artículo, se hará un análisis de lo que ha ocurrido con las superficies cultivadas en la provincia del Tamarugal, considerando, los últimos 2 Censos Agropecuarios de nuestro país, realizados durante los años 2007 y 2021.

En las figuras 1 y 2, se consideran las variaciones de superficies cultivadas dentro del período intercensal considerado.

Superficie cultivada por comuna en la provincia de Tamarugal a 10 hectáreas

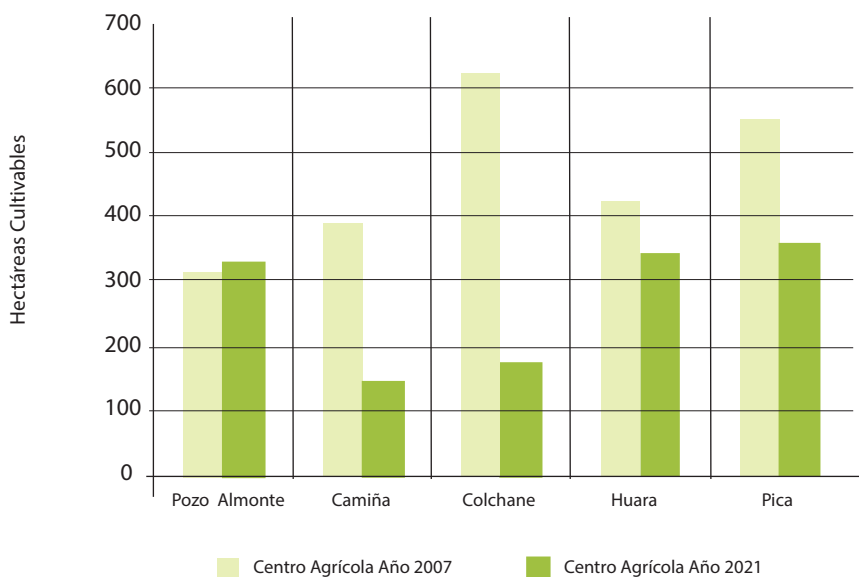


Figura 1. Variación de la superficie cultivada en la provincia del Tamarugal región de Tarapacá (ha) (período intercensal agrícola 2007 – 2021)

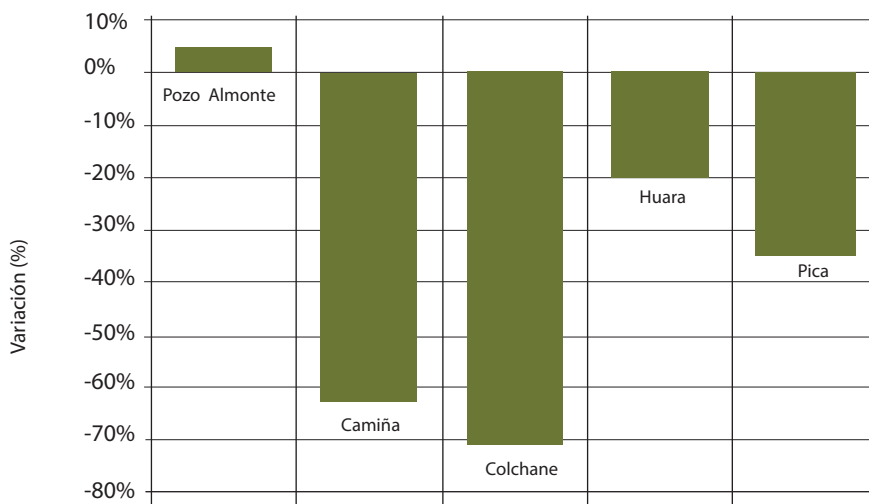


Figura 2.
Variación de la superficie en la provincia del Tamarugal región de Tarapacá (%) (período intercensal agrícola 2007 – 2021)

- Solamente la comuna de Pozo Almonte incrementó su superficie cultivada. Esto se asocia, principalmente, con la existencia de nuevos predios ubicados en las cercanías de La Tirana y Pintados
- Las comunas de Camiña, Huara y Colchane son las que disminuyeron, de manera más significativa, su superficie cultivada. Lo anterior se asocia con la disminución poblacional, dinámica estudiada en el N°12 de nuestra revista Canchones
- Parte importante de la menor superficie cultivada en la comuna de Pica es consecuencia de un incremento en la urbanización de las localidades de Pica y Matilla.

2. ALGUNAS CAUSAS QUE EXPLICARÍAN LAS DINÁMICAS DE LA AGRICULTURA LOCAL

Muchas veces, la justificación del escaso desarrollo de la pequeña agricultura se ha basado en opiniones equivocadas, basadas en el escaso conocimiento de este territorio. Muchas de las decisiones que han afectado al territorio, se han basado en criterios, tales como:

- Es el mercado el que define nuevos horizontes de trabajo para los habitantes rurales y que favorecen su emigración. No es culpa del Estado.
- Es por la falta de interés de los agricultores, la escasa modernización de sus sistemas productivos.
- Es que no existen recursos suficientes para poder financiar los programas de desarrollo requeridos por la pequeña agricultura local.
- Los agricultores, tienen falta de interés por formar organizaciones productivas que les permitiera tener mayores cosechas y mejores rentabilidades.

Han pasado los años, los gobiernos y diferentes autoridades a cargo del sector rural de nuestra Región, sin embargo, los procesos de emigración y disminución de la actividad agrícola se han mantenido. ¿Por qué ocurrirá esto?

Afortunadamente, existen otras explicaciones que, desde un punto de vista, más cercano y realista, tratan de entender la dinámica antes señalada y, paralelamente, proponer nuevas opciones para nuestra agricultura tarapaqueña. Con lo anterior, se posibilitaría el planteamiento de soluciones que tuvieran una directa y cercana relación con los problemas por solucionar y, eventualmente, definir opciones de futuro basadas en las realidades locales y no en normas o juicios equivocados.

A continuación, se hará un análisis, que permitiría que, cuando se busquen soluciones de fondo para la agricultura local, se consideren estos antecedentes y dinámicas que permitan mejorar la dinámica imperante durante los últimos 50 años en nuestra ruralidad.

2.1 No se han considerado los problemas de fondo de nuestra agricultura.

En muchas ocasiones, las decisiones respecto de la agricultura nacional se basan en torno a urgencias que, no necesariamente, son tales para todos los sectores agrícolas del país. Lo anterior, desgraciadamente ha sido una norma para la pequeña agricultura, con realidades distintas y diversas y, muchas veces poco consideradas al definirse nacionalmente las prioridades por ser afrontadas en los diversos planes y programas aplicados para a la pequeña agricultura. Lo señalado, ha implicado que, en muchas ocasiones, no se solucionen los problemas de fondo, lográndose un reducido, o nulo, impacto sobre el desarrollo efectivo de estos sectores agrícolas.

2.2 No se ha considera el escalamiento productivo y dificultando el logro de mejoras en los sistemas productivos.

Un aspecto económico considerado al elegir una determinada tecnología es que su impacto sobre los mayores ingresos de un cultivo sea mayor que el incremento sobre sus costos de producción. Una tecnología es óptima cuando considera las particularidades productivas de un cultivo (clima, costos, ingresos, épocas de cosecha, calidad, etc.) de un sector determinado. La dinámica señalada, implica que, una tecnología muy exitosa para un sistema agrícola determinado, no necesariamente lo será para otro similar ubicado en otro sector productivo. Por ejemplo, las tecnológicas óptimas para la producción de tomates en la zona central de Chile, no implicará que estas, también lo sean, para la producción de este cultivo, en localidades como Pica o en la quebrada de Tarapacá.

2.3 Se han priorizado proyectos de corto plazo, ¿y qué ocurre con rubros como la fruticultura y la ganadería?

En la actualidad, muchos de los subsidios entregados para financiar investigación agrícola, se entregan para ser desarrollados en horizontes de corto plazo. ¿Cuándo se podrá mejorar la fruticultura de Chiapa o la ganadería de la pampa del tamarugal, si los estudios para mejorarlas se tienen que desarrollar en horizontes máximos de 2 o 3 años? Por ejemplo, se han financiado proyectos de investigación sobre fruticultura local que solamente han durado hasta 3 años, es decir, hasta que el cultivo comienza su primera cosecha ¿Y cuál es el beneficio para los agricultores si uno de los manejos principales del cultivo, cosecha, no se evalúa respecto de sus particularidades productivas locales y de los mercados objetivos?

Luego algunos analistas alegan que la pequeña agricultura es poco rentable.

2.4 No se consideran, de manera principal, los problemas de fondo que afectan a la agricultura local.

Y entonces, ¿cuáles podrían ser los problemas que explican la situación actual de la pequeña agricultura de la Región de Tarapacá? Algunos de los problemas principales, podrían ser:

2.4.1 Falta de validación y desarrollo de tecnologías apropiadas.

Una norma con la pequeña agricultura es la de solucionar sus problemas, con tecnologías desarrolladas para otras condiciones productivas. Con lo anterior, se ha priorizado la transferencia de tecnologías, que no han sido desarrolladas o validadas localmente, para asegurar que, estas puedan solucionar, de manera efectiva, los problemas productivos locales. Decenas de años han pasado y, en muchas ocasiones se siguen recomendando tecnologías que no han solucionado los problemas productivos de los agricultores y que llevan a emitir los juicios señalados al comienzo del punto 2 de este documento

2.4.2 Organizaciones de productores. En la agricultura local, predominan las iniciativas individuales de los pequeños agricultores.

No queda claro el motivo por el cual no exista una motivación por un trabajo asociativo que les permita mejorar su condición productiva asociándose y, con esto, poder acceder a mejores rentabilidades. La individualidad y las pequeñas superficies productivas dificultan el acceso a tecnologías apropiadas, bajando los costos unitarios de producción e incrementando los rendimientos. Sería interesante que el Ministerio de Agricultura, fuese un permanente promotor de asociaciones productivas como las cooperativas u otras similares. Durante la década de los sesenta, existía una serie de cooperativas en los distintos pisos productivos de la agricultura regional. En la actualidad, solamente existen 2 cooperativas agrícolas en la región, una en la comuna de Pica y otra en la comuna de Colchane. ¿Cuál es el motivo de la situación anterior? ¿Buena pregunta y, cuál sería la respuesta?

2.4.3 Inserción en los mercados.

Posiblemente esta es otra consecuencia del individualismo de la agricultura regional. Para llegar a mercados más rentables, se requieren, por lo menos, 2 requerimientos:

- Ofertas de acuerdo con las mayores demandas de los mercados que tengan mejores precios de venta.
- Calidades uniformes de cosechas ofrecidas a mercados más rentables. En la actualidad y, con los sistemas productivos

agrícolas imperantes, difícilmente se pueda lograr lo anterior.

El desarrollo de la investigación productiva, la transferencia tecnológica, la organización de productores y la definición de mercados con mayores rentabilidades debieran también motivar las acciones del Estado respecto de la pequeña agricultura. ¿Y por qué motivos esto no ocurre?

2.5 Una perspectiva institucional centralizada y poca integradora.

Un accionar altamente positivo para la agrícola local, sería que, las diversas instituciones del agro en las regiones pudieran trabajar de manera cercana entre ellas, para así aprovechar la experiencia académica y profesional respecto de afrontar el logro de una solución de los problemas productivos locales. A pesar de la lógica de la aseveración anterior, por ejemplo, el vínculo fundamentalmente con las universidades se ha centrado en el financiar proyectos de investigación para buscar soluciones específicas a diversos problemas productivos y, de acuerdo con los criterios y metodologías aceptadas de manera centralizada. La venida de profesionales desde la zona central de nuestro país, pocas veces, se han transformado en la generación de soluciones de fondo para las contingencias locales de nuestra agricultura.

Con lo anterior, se definirían mejores escenarios para el logro de resultados positivos para la agricultura local. Algunos de estos escenarios serían;

- a) Tener una cercanía con los agricultores y, poder detectar las debilidades en sus sistemas productivos y, paralelamente, plantear estrategias para lograr su solución. Lo anterior se podría lograr de manera más efectiva si se trabajara integradamente entre funcionarios de los servicios del agro y profesionales y académicos de las instituciones que trabajan localmente y que, conozcan, de una manera más profunda las problemáticas locales que dificultan el incrementar los rendimientos y,
- b) El desarrollar soluciones investigativas o tecnológicas y que posibiliten el logro de mejores y mayores rendimientos locales. Esto sería más eficiente si se contase con la participación de profesionales locales que aportaran con su conocimiento y experiencia. Una norma que se repite es que no se manifiesta un trabajo integrado de profesionales locales, con profesionales de otras zonas del país o, de otros países en donde existan sistemas agrícolas con características como las existentes en la provincia del Tamarugal. ¿Cuál será el motivo de que no se promueva el trabajo integrado de instituciones locales y de otras procedencias y que sean un aporte a nuestra agricultura?

- c) Transferir a los agricultores soluciones productivas efectivas y apropiadas y que posibiliten una producción más eficiente, rentable y sustentable. Lo antes señalado, debiera ser una actividad permanente, en donde debieran trabajar y apoyar los profesionales y académicos locales que conozcan de manera cercana las problemáticas productivas del sector y, de manera similar, las posibles opciones de superar las restricciones productivas imperantes en el sector.

3. ALGUNOS ANÁLISIS Y ALGUNAS PROPUESTAS

3.1 Mayor autonomía Regional.

En primer lugar, es urgente que las regiones tomen sus decisiones principales, sin un exclusivo sentido de contingencia centralizada, sino que, también, con el sentido de solucionar los problemas de acuerdo con sus realidades efectivas. El gran problema es que las decisiones principales se siguen tomando en Santiago, muchas veces sin conocer los problemas de fondo que tienen las regiones, destacándose en esto, la agricultura de la región Tarapacá.

3.2 Escasa duración de programas de desarrollo para la pequeña agricultura.

No es posible que se entienda el desarrollo local como una sumatoria de proyectos con 2 a 3 años de duración. Con lo anterior, los problemas de fondo nunca se afrontan ni menos se solucionan, debilitándose, cada vez más, la sustentabilidad y desarrollo futuro de esta actividad económica.

4. ¿PARA CONCLUIR?

Los años y décadas pasan y, desgraciadamente, el Estado no ha sido eficiente para controlar los evidentes y múltiples problemas que existen y afectan a nuestra nortina agricultura. De manera similar y simultánea, el Estado tampoco ha sido capaz de generar propuestas efectivas para que, se aprovechen la mayoría de las potencialidades existentes en los sectores rurales de nuestra Región de Tarapacá. Para afrontar la realidad antes señalada, sería de alto interés el considerar actividades como:

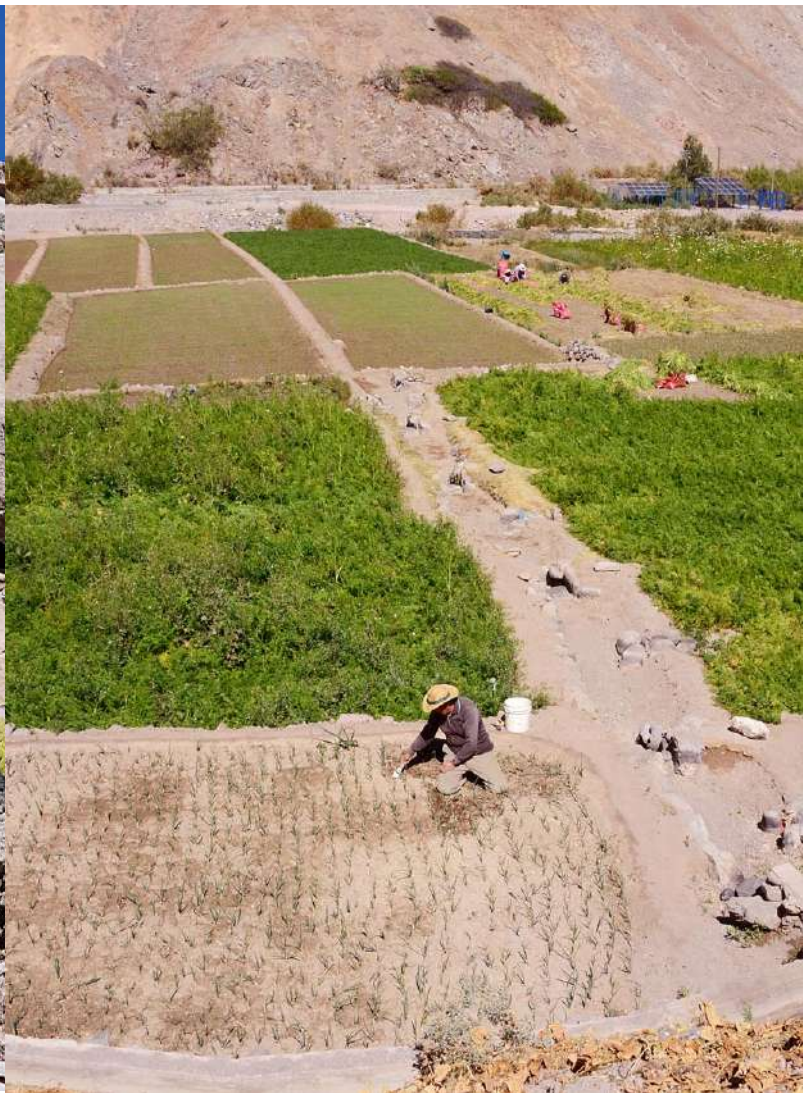
- El definir un diagnóstico base para el trabajo y, en función de lo anterior, determinar y priorizar las actividades por realizar, su secuencia, el financiamiento y las instituciones y personas participantes. En nuestro norte se han desarrollado muchos diagnósticos respecto de nuestra realidad agrícola y de las propuestas de desarrollo local. Podría partirse por ver y analizar los diferentes diagnósticos desarrollados durante los últimos años y que, en la actualidad reposan en distintas bibliotecas. No partir de cero

nuevamente. Podría partirse por un análisis de lo ya propuesto y analizado y, luego definir los pasos a seguir y definir cual es la real información faltante para seguir avanzando.

- Es de suma importancia que, en la definición de este programa, tengan una actividad relevante los participantes locales y no trabajar, exclusivamente, en torno a documentos generados de manera centralizada y ajenas al territorio y a los problemas de fondo que se tratan de solucionar.
- Definir horizontes de trabajo que estén en función de los problemas por solucionar y no de criterios centralizados, muchas veces ajenos al problema considerado. De igual forma, no concentrar el trabajo en horizontes de corto plazo o, basándose a programas que no consideren las particularidades productivas de los sistemas agrícolas regionales. Se plantea una pregunta, ¿Sería Chile un país exportador de productos agrícolas al mundo, si durante la década del 60 hubieran predominado los criterios de corto plazo, hoy imperantes, en nuestro país?

- Generar condiciones que disminuyan la emigración de los jóvenes.
- Mejorar la seguridad de las personas que habitan el sector rural de nuestro norte
- Fomentar el trabajo asociativo entre instituciones y no uno de competencia o de duplicación de actividades, como hoy es normal que ocurra.
- Una difusión más amplia e intensa a la comunidad regional, de las realidades y actividades realizadas por la ruralidad de la región.

Por último, pero no menos importante, ¿Cuándo será una realidad que, los jóvenes de la provincia del Tamarugal tengan una educación de calidad y con recursos, tal como lo especifica la Constitución de nuestro país? Lo anterior, es una situación que está lejos de cumplirse en nuestro sector rural. Este es un punto clave si nos planteamos, como objetivo, la disminución de la emigración de los niños y jóvenes desde las comunas rurales de la región de Tarapacá, los cuales busquen, en otras localidades, mejores opciones educacionales y de vida.



Ciencia y Laboratorios Naturales. LabAncestral

Jorge Olave Vera

Doctor Ingeniero Agrónomo

jolave@unap.cl

*Facultad de Recursos Naturales Renovables
Universidad Arturo Prat*



AUTORES			
NOMBRE	FACULTAD	NOMBRE	FACULTAD
Jorge Olave	Recursos Naturales Renovables	Margarita Briceño	Ciencias de la Salud
Felipe Carevic	Recursos Naturales Renovables	Cristina Quispe	Ciencias de la Salud
Rosalino Fuenzalida	Recursos Naturales Renovables	Daniel Moscoso	Ciencias Humanas
Ceferino Castro	Ingeniería y Arquitectura	Paloma Aravena	
Héctor Solorzano	Ciencias Humanas	Purísima Neira	Ingeniería y Arquitectura

1. INTRODUCCIÓN

En julio de 2021, la Agencia Nacional de Investigación y Desarrollo (ANID), dependiente del Ministerio de Ciencias, Tecnología, Conocimiento e Innovación de Chile, lanzó un programa denominado Nodos para el Desarrollo en Investigación de Laboratorios Naturales en Chile.

Este programa busca fomentar la investigación científica en los Laboratorios Naturales de manera armónica con los actores presentes en los territorios, considerando tanto los factores que facilitan la actividad científica como los efectos e impactos generados. (ANID, 2021). Para ello, se establecieron macro categorías que definen los laboratorios naturales en los ámbitos de océano, montaña, cielo, desierto, región subantártica y antártica.

En respuesta a esta convocatoria y en línea con la visión de la Vicerrectoría de Investigación e Innovación de la Universidad Arturo Prat, se invitó a los investigadores a formular

propuestas en las macrocategorías de océano y desierto. Un equipo interdisciplinario de investigadores de las facultades de Recursos Naturales Renovables, Ciencias de la Salud, Ciencias Humanas e Ingeniería y Arquitectura elaboró el proyecto titulado "Rescate de Prácticas Ancestrales para impulsar la Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación hacia un Desarrollo Agroalimentario Sustentable y Sostenible" cuyo acrónimo con el cual se identifica en el territorio es LabAncestral, siendo adjudicado en diciembre de 2021.

El Laboratorio Natural Desierto (LabAncestral) se localiza en la región de Tarapacá – provincia del Tamarugal, que incluye a las comunas de Pica, Colchane, Huara, Camiña y Pozo Almonte. Esta área abarca 38.922 Km² (Podestá, J., 2018) y cuenta con una población de 30.715 habitantes (INE, 2017), lo que equivale a una densidad poblacional de 0,79 habitantes/km², con un 60,85 % hombres y 39,15% mujeres (Fig. 1).



Figura 1.
Macrocategoría del Laboratorio Natural del Desierto en la provincia del Tamarugal, región de Tarapacá, Chile

En la Figura 1 se presenta el territorio clasificado como la macrocategoría del desierto. En este territorio se realizaron numerosos análisis y talleres con la comunidad para identificar y definir, finalmente, los distintos sitios pilotos según cada piso ecológico. Este polígono abarca gran parte de la Provincia del Tamarugal sin su influencia costera y su límite oeste coincide en gran parte con la ruta 5 panamericana norte, incluyendo la Pampa del Tamarugal.

Una de las principales actividades económicas en esta macrocategoría es la agricultura, que abarca 1.784 ha (INE, 2021), equivalente al 0,045% de la superficie provincial. Se destaca principalmente la pequeña agricultura familiar campesina (AFC), con participación de hombres y mujeres en organizaciones comunitarias, agrícolas e indígenas. Esta agricultura ha demostrado su resiliencia al cambio climático

y a la evolución tecnológica, y se desarrolla en cuatro pisos ecológicos: pampa, quebradas, oasis y altiplano, que van desde los 900 a los 4.000 metros sobre el nivel del mar (msnm).

En estos pisos ecológicos se cultivan una variedad de productos. En el altiplano, destaca la quinoa; en las quebradas, se cultivan hortalizas de frutos (tomate, melón, pimentón), raíces (zanahoria, betarraga), tubérculos (papas, camote) y bulbo (ajo, cebolla), así como frutales de hoja caduca y perenne (pera pascuina, membrillo, tumbo); en los oasis, se cultivan frutales subtropicales (cítricos, palma datilera) y tropicales (mango, guayaba, maracuyá); y en la pampa, hortalizas de frutos (melón, sandía), hortalizas de hoja (lechuga), flores (lilium) y praderas (alfalfa).

2. LABANCESTRAL. DIAGNÓSTICO E INTERCULTURALIDAD

Este proyecto tiene una particularidad de carácter cultural que dice relación con la presencia de comunidades indígenas que son parte histórica del entorno y la geografía. El Tamarugal no es solo un ámbito rural, sino también indígena. Siendo esto último incidente en las formas de hacer agricultura y ganadería.

Esto generó el desafío de incorporar las prácticas ancestrales indígenas como elemento central del diagnóstico de laboratorios naturales en el territorio. Por otro lado, hubo que hacer partícipes a las comunidades de la recolección de datos, la validación de resultados y el consenso para definir los tipos de actividades que se ejecutarían con base en el diagnóstico obtenido. De ahí que LabAncestral tenga un componente cultural que lo caracteriza.

Para el diagnóstico se aplicó una metodología interpretativa bajo técnicas cualitativas de recolección de datos: entrevistas a agricultores en las comunidades definidas, observación al trabajo agrícola en terreno, análisis documental bibliométrico respecto de conceptos clave y grupos focales para validación de resultados y cartografía social. Estos últimos se aplicaron en formato de talleres participativos.

Esto se hizo mediante la evaluación del proyecto por parte del Comité Ético Científico Unap, el envío de instrumentos para validación de expertos, el pilotaje de instrumentos y la constitución de una mesa técnica con especialistas. Asimismo, se hizo la consulta de todo tipo de procedimientos, aplicación de consentimientos informados y emisión de cartas de autorización de autoridades oficiales o comunitarias. El trabajo en terreno se ejecutó en Pica, Matilla, Camiña, Colchane y Huara entre junio y octubre de 2022, lo cual contó con la validación y devolución de resultados.

Síntesis de las muestras

Cartas de autoridades	2
Entrevistas	14
Mujeres	7
Hombres	7
No quisieron participar	2
Etnia mayoritaria	Aymara
Rango etario	3ra y 4ta edades

A partir de estos procedimientos se llegó a determinar grupos de interés, sectores beneficiados, niveles de participación, capacidades CTCl, la vinculación productiva y social, aspectos normativos, problemas y desafíos, lo que incluyó brechas detectadas.

El diagnóstico determinó la existencia de una distribución histórica de la tierra entre propietarios, medieros y arrendatarios, donde algunas personas pasan incluso por las tres condiciones a lo largo de su vida como agricultor/a. Por otro lado, que la historia de la agricultura tiene un desarrollo posterior a la ganadería, esta última con un descenso sostenido y baja producción en la actualidad. Lo que alguna vez fue a la inversa.

Asimismo, se detectó la vigencia de prácticas ancestrales asociadas al trueque o cambalache como intercambio y colaboración, por ejemplo, el riego por canales y por inundación, además del uso de técnicas orgánicas para el tratamiento de plagas.

Por otra parte, se observó que existe un conflicto generacional latente en relación a los jóvenes que no quieren seguir con la tradición agrícola y emigran de los pueblos hacia los centros urbanos en busca de mejores oportunidades de vida.

Otro resultado relevante fue la identificación de oportunidades. Estas se enfocaron en la definición de prácticas ancestrales, tradiciones y procedimientos propios de la cultura asociados a un laboratorio natural. También en el conocimiento acumulado en torno a tradiciones agroalimentarias, de biodiversidad, ganaderas y económicas de las comunidades aymara y quechua de la Provincia del Tamarugal. Así también en el establecimiento de redes de colaboración y alianzas establecidas con grupos de interés y beneficiarios directos participantes, lo que permitió la identificación y valoración de propuestas que surgieron desde los resultados en relación con: educación, juventud, tradición oral, interculturalidad, energía fotovoltaica, cambio climático y cartografías sociales, además del impacto del proyecto en la economía regional y en el vínculo entre las comunidades indígena y científica.

Estos resultados fueron determinantes del diseño y planificación de la Hoja de Ruta (HdR) propuesta a las comunidades. Esta hoja de ruta fue puesta en discusión y validación de dichas comunidades para efectos de mejorarla y hacerla más pertinente al territorio y sus intereses.

2.1 Integración de ciencia y territorio

Esta nueva aproximación a la ciencia que se integra con el territorio representa un cambio de paradigma. A través de entrevistas, cápsulas, y reuniones grupales en cada comuna, se construye un diagnóstico mediante un mapeo participativo. Este diagnóstico considera cuatro líneas temáticas: rescate de prácticas ancestrales, ecosistemas y biodiversidad, rescate de germoplasma y desarrollo agroalimentario. A partir de estos análisis, se construye una hoja de ruta que abarca aspectos técnicos, territoriales y sociales, generando veinte y tres iniciativas que sirven de base para determinar las líneas de investigación científicas y tecnológicas prioritarias para la producción agrícola en el territorio del laboratorio natural (Aravena, et al).



2.2 Sitios piloto – Polígonos de investigación

En esta fase, se definieron ocho sitios de estudio, también definidos como, sitios piloto, polígonos o de investigación en la Provincia del Tamarugal (Tabla 1 y Figura 2):

Tabla 1. Sitios de estudio estudios priorizados en la provincia del Tamarugal, región de Tarapacá, Chile.

1. Bajo Soga/ Comuna de Huará	5. Quebrada de Tarapacá/ Comuna de Huará
2. Oasis de Pica/ Comuna de Pica	6. Isluga/ Comuna de Colchane
3. Pampa del Tamarugal/ Comuna de Huará y Pozo Almonte	7. Cariquima/ Comuna de Colchane
4. Quebrada de Camiña/ Comuna de Camiña	8. Salar del Huasco/ Comuna de Pica

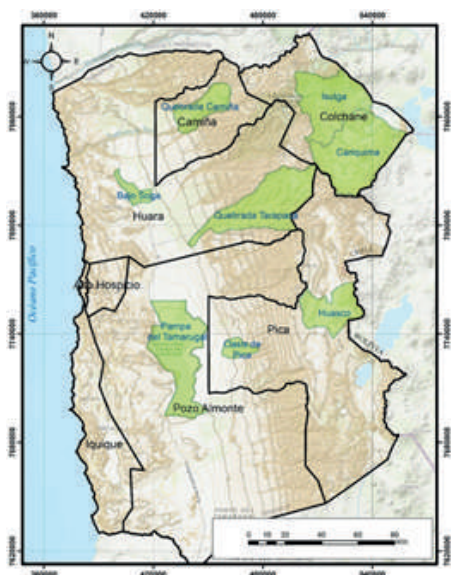


Figura 2. Mapa de los sitios de estudios priorizados en la provincia del Tamarugal, región de Tarapacá, Chile.

En la **Figura 2**, se presentan ocho territorios definidos de manera participativa a través de los talleres de mapeo participativos y finalmente validados con el comité técnico de LabAncestral. Estos lugares poseen características singulares en los temas de técnicas agrícolas ancestrales, desarrollo agroalimentario, germoplasma y ecosistemas (Biodiversidad y Medio Ambiente) únicos que favorecen el desarrollo de actividades científicas, permitiendo el involucramiento de múltiples actores. Apelan a la gestión integrada del territorio, sus recursos naturales, sociales, culturales y económicos.

2.3 Fortalecimiento del Laboratorio Natural Labancestral

En la etapa de fortalecimiento del laboratorio natural LabAncestral, se han priorizados las iniciativas relacionadas con la agricultura del desierto, la educación y la tecnología. Estas iniciativas se han consolidado en la creación de módulos de huerto escolar, que serán instalados en una escuela seleccionada de cada comuna de la Provincia del Tamarugal. Este enfoque se basa en la experiencia en educación rural de las investigadoras de la Facultad de Ciencias Humanas de la Universidad Arturo Prat. En esta segunda etapa, se destacan nuevamente los desafíos relacionados con la interculturalidad y se abordan temas transversales como el cambio climático, el enfoque de género y las gobernanzas territoriales. Estos aspectos tendrán un impacto significativo en la internacionalización y en la creación de una Red Global de Prácticas Ancestrales.

3. REFERENCIAS

- 1 Agencia Nacional de Investigación y Desarrollo. 2021. Concurso Nodos Laboratorios Naturales 2021. <https://anid.cl/concursos/nodos-laboratorios-naturales-2021>
- 2 Aravena Zamorano, Paloma; Olave Vera, Jorge; Briceño Toledo, Margarita; Cárevic Vergara, Felipe; Castro Castro, Ceferino; Quispe Chávez, Cristina; Solórzano Navarro, Héctor. 2024. Mapeo participativo: Herramientas de análisis territorial de las prácticas ancestrales en el Laboratorio Natural del Desierto de la provincia del Tamarugal. LabAncestral. Manual Técnico. ISBN 978-956-302-130-1. 61p.
- 3 LabAncestral. 2023. Informe Final Nodo Laboratorio Natural – LabAncestral NODOSLN0004.
- 4 Instituto Nacional Estadísticas. 2021. Censo Agropecuario 2021. <https://www.ine.gob.cl/estadisticas/economia/agricultura-agroindustria-y-pesca/censos-agropecuarios>.
- 5 Instituto Nacional Estadísticas. 2017. Censo de Población y Vivienda 2017. <https://www.ine.gob.cl/estadisticas/sociales/censos-de-poblacion-y-vivienda/censo-de-poblacion-y-vivienda>
- 6 Podestá, J., 2018. Desarrollo, territorio y globalización: el caso de la provincia del Tamarugal en el norte de Chile. Atenea, N°517. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-04622018000100153>

Caracterización socio productiva de los campesinos del desierto chileno, 2022. Regiones de Tarapacá y Antofagasta.

Alex Zúñiga Flores
Magister Dr. (c) Ingeniero Comercial
 azuniga@unap.cl
 Facultad de Recursos Naturales Renovables
 Universidad Arturo Prat



1. PRIMERAS PALABRAS

Las actividades productivas agrícolas en el desierto de las regiones de Tarapacá y Antofagasta, en el norte de Chile, son desarrolladas principalmente por pequeñas comunidades productoras, generalmente de etnias indígenas. Estos productores han adaptado las labores culturales agrícolas y pecuarias en los diferentes pisos desérticos en los que están establecido. Mediante un sistema de muestreo estratificado y con apoyo de fotos satelitales de las principales localidades con actividades agrícolas, grilladas en superficies de 250 x 250 metros, se aplicaron aleatoriamente fichas de campo que posibilitaron una caracterización socio productiva de los campesinos de ambas regiones. A continuación, se presentan los principales antecedentes que dan cuenta de la realidad socio productiva del campesinado de las regiones de Tarapacá y Antofagasta. A modo de resumen podemos señalar que son productores agrícolas de subsistencia, en superficies pequeñas promedio de 1,35 ha, que requieren complementar sus ingresos agrícolas con otras actividades remuneradas. En general son adultos mayores con edades promedios cercanas a los 60 años; las

mujeres campesinas son responsables del 39,8% de las unidades productivas encuestadas. Se dedican a la producción de 18 cultivos presentes en ambas regiones, y a 17 frutales los cuales se producen sólo en Tarapacá, específicamente en la comuna de Pica. El 81,45% de las explotaciones agrícolas son informales. Los propietarios y el arrendamiento de tierras son las principales formas de uso de suelos agrícolas declarados por los campesinos entrevistados. Sus cultivos les permite generar ingresos promedios mensuales de 500 mil pesos, mientras que en los Frutales son de 720 mil pesos. Las utilidades de sus actividades son altas principalmente por la no contabilización de factores productivos como mano de obra familiar y algunos insumos, sobre los cuales no llevan control efectivo.

Los resultados de este trabajo fueron obtenidos a partir de proyecto FIA "Laboratorio Natural para la agricultura del Desierto. Establecimiento de un banco de datos agrícolas (Regiones de Tarapacá y Antofagasta) (UC-2021-018)".

2. ANTECEDENTES INICIALES

2.1 Características principales de agricultores encuestados

2.1.1 Número de agricultores encuestados

De 221 unidades productivas en ambas regiones en estudio, 194 corresponden a la región de Tarapacá (87,8%), mientras que de la región de Antofagasta fue posible obtener información de 27 campesinos (12,2%), cuya distribución se puede apreciar en el cuadro

PROCEDENCIA DE AGRICULTORES ENCUESTADOS			
REGIÓN	LOCALIDADES N°	AGRICULTORES N°	SUPERFICIES HA
Mujeres	76	39,2%	12
Hombres	118	60,8%	15
Total	194	100,0%	27

Fuente : Elaboración propia

Cuadro 1. Campesinos encuestados por género y región

2.1.2 Estructura por género de los agricultores

A nivel regional, del total de campesinos el 39,8% son mujeres productoras o declaran ser las responsables de mantener sus sistemas productivos agrícolas, mientras que el 60,2% son hombres. En el caso de la región de Tarapacá, de los 194 productores encuestados, 76 (39,2%) son mujeres campesinas y 118 (60,8%) son hombres. Para el caso de la región de Antofagasta, de los 27 productores encuestados, 12 (44,4%) son mujeres campesinas y 15 (55,6%) son hombres. **(ver cuadro 2)**

AGRICULTORES ENCUESTADOS POR GÉNERO						
	TARAPACÁ N°	%	ANTOFAGASTA N°	%	TOTAL N°	%
Mujeres	76	39,2%	12	44,4%	88	39,8%
Hombres	118	60,8%	15	55,6%	133	60,2%
Total	194	100,0%	27	100,0%	221	100,0%

Cuadro 2. Campesinos encuestados por género y región

2.1.3 Agricultores encuestados por edad.

En el caso de la región de Tarapacá, de los 194 productores encuestados, su promedio de edad es de 59 años, siendo el campesino más joven de la localidad de Pozo Almonte (22 años), y el campesino de mayor edad de la localidad de Francia con 96 años, siendo ambos hombres. El cuadro 3 muestra la desagregación de edades por localidad, señalando edades promedio, máximas y mínimas.

AGRICULTORES ENCUESTADOS SEGÚN EDAD Y REGIÓN				
REGIÓN	AGRICULTORES ENCUESTADOS	EDAD (años)		
		PROMEDIO	MÁXIMA	MINIMA
Tarapacá	194	59	96	22
Antofagasta	27	56,8	92	25

Fuente : Elaboración propia

Cuadro 3. Agricultores encuestados según edad y Región

2.1.4. Nivel educacional de agricultores encuestados

Un total de 220 agricultores declaró antecedentes sobre el nivel educacional alcanzado. Para ambas regiones, la enseñanza media incompleta corresponde a la condición más repetida, con una moda de 71 y 13, para Tarapacá y Antofagasta con expresión porcentual respecto a la población de cada región de 36,6% y 50%, respectivamente. Lo anterior se expresa en el **cuadro 4.**

NIVEL EDUCACIONAL DE AGRICULTORES ENCUESTADOS					
NIVEL DE EDUCACIÓN	REGIÓN DE TARAPACÁ		REGIÓN DE ANTOFAGASTA		TOTAL
	N°	%	N°	%	
Básica incompleta	39	20,1%	5	19,2%	44
Básica completa	38	19,6%	5	19,2%	43
Media incompleta	25	12,9%	2	7,7%	27
Media completa	71	36,6%	13	50,0%	84
Técnico profesional	7	3,6%	0	0,0%	7
Universitaria incompleta	3	1,5%	1	3,8%	4
Universitaria completa	11	5,7%	0	0,0%	11
TOTAL	194	100,0%	26	100,0%	220

Fuente : Elaboración propia

Cuadro 4. Nivel educacional de encuestados

2.2. Actividades principales realizadas por agricultores encuestados

El 75,1% (166) de los campesinos encuestados declaran que se dedican exclusivamente a sus labores agropecuarias y el 24,9% (55) restante declaran complementar sus ingresos campesinos con la realización de otras actividades productivas. Los ingresos promedios de los 55 campesinos que realizan otras actividades remuneradas es de \$561.143 mensuales, para lo cual destinan en promedio el 55% de su tiempo laboral a dichas actividades complementarias.

REGIÓN	AGRICULTORES ENCUESTADOS	CAMPESINOS CON OTRA ACTIVIDAD		INGRESO PROMEDIO OTRA ACTIVIDAD	TIEMPO DEDICADO A OTRA ACTIVIDAD (%)
		N°	%		
Tarapacá	194	41	21,1%	\$520.175	68,0%
Antofagasta	27	14	51,9%	\$749.769	56,1%

Fuente : Elaboración propia

Cuadro 5. Otras actividades realizadas por agricultores encuestados

2.3. Formalidad de actividades productivas

De los 221 campesinos encuestados, el 81,5% no tiene giro comercial formal, el 1,81% ha iniciado actividades comerciales ante los organismos de estado y el 16,8% no responde o declara sobre esta realidad comercial. El cuadro 6 detalla la

REGIÓN	N° DE CAMPESINOS	CAMPESINOS CON OTRA ACTIVIDAD				TIEMPO DEDICADO A OTRA ACTIVIDAD (%)	
		FORMAL		INFORMAL		N°	%
		CON GIRO	%	SIN GIRO	%		
Tarapacá	194	3	1,36%	155	70,1%	36	16,3%
Antofagasta	27	1	0,45%	25	11,3%	1	0,5%
TOTAL	221	4	1,81%	180	81,5%	37	16,8%

Fuente : Elaboración propia

Cuadro 6. Grado de formalización de campesinos encuestados.

3. ANTECEDENTES PREDIALES DE LOS ENCUESTADOS

3.1 Experiencia productiva de los agricultores encuestados

En la región de Tarapacá, de acuerdo con los antecedentes proporcionados por los 194 campesinos encuestados, se estimó que, en promedio, ellos tienen una experiencia de 17 años en sus respectivas localidades; con máximo de 70 años en el caso de un productor de Pachica, y un mínimo de 1 año de productores de Ancovinto y Saupagua. En la región de Antofagasta de los 27 campesinos encuestados, se estimó una experiencia promedio productiva en las localidades de 27 años; con máximo de 60 años y un mínimo de 3 años, ambos antecedentes corresponden a productores de la localidad de La Banda (Cuadro 7).

EXPERIENCIA PRODUCTIVA DE LOS ENCUESTADOS				
REGIÓN	AGRICULTORES ENCUESTADOS	EXPERIENCIA AGRÍCOLA (años)		
		PROMEDIO	MÁXIMA	MINIMA
Tarapacá	194	17	70	1
Antofagasta	27	27	60	3

Fuente : Elaboración propia

Cuadro 7. Experiencia productiva de los encuestados

3.2. Superficie agrícola y tenencia de agricultores encuestados

Referido a la forma en la que los campesinos entrevistados hacen uso de las tierras donde realizan sus actividades productivas, fueron señaladas 5 formas de ocupación, estas son: propietario, arriendo, herencia, mediero y ocupante; de igual forma hay quienes prefirieron no responder esta pregunta. La condición de propietario y arrendatario son las opciones que mayor cantidad de agricultores y superficie predial involucra, con un total de 131 campesinos con 140,6 ha. y 21 campesinos con 67 ha respectivamente. La tabla 22 muestra la desagregación por condición de ocupación de tierras

TENENCIA DE LOS PREDIOS ENCUESTADOS						
TENENCIA	REGIÓN DE TARAPACÁ		REGIÓN DE ANTOFAGASTA		TOTAL	
	AGRICULTORES	HA	AGRICULTORES	HA	AGRICULTORES	HA
Propietario	113	101,3	18	39,2	131	140,5
Arrendatario	20	62,0	1	5,0	21	67
Herencia	2	0,3	1	0,8	3	1,1
Mediero	1	0,5	0	0,0	1	0,5
no sabe/no contesta	55	77,1	6	8,0	61	85,1
Ocupante	3	1,3	1	3,0	4	4,3
TOTAL	194	242,5	27	56,0	221	298,5

Fuente : Elaboración propia

Cuadro 8. Tenencia de predios de las personas encuestadas

3.3. Cultivos presentes en los territorios

Los campesinos de ambas regiones desarrollan productivamente un total de 18 cultivos de importancia económica. El cultivo de mayor repetición corresponde a la Alfalfa con 86 agricultores que la producen, le sigue el Maíz con 37 agricultores que los producen, y ajo y zanahoria con 34 agricultores en cada cultivo. Los campesinos de la región de Tarapacá realizan los 18 cultivos de importancia económica pesquisados; por su parte los campesinos de la Región de Antofagasta realizan la producción de 6 de esos cultivos, siendo Maíz, Alfalfa y Zanahorias los más usuales con 14, 12 y 4 agricultores que los producen respectivamente. En el cuadro 9 expresa esta realidad desagregada por región, número de agricultores, cultivo y superficies involucradas.

CULTIVOS	POBLACIÓN Y SUPERFICIE CONSIDERADA EN EL TRABAJO					
	REGIÓN DE TARAPACÁ		REGIÓN DE ANTOFAGASTA		TOTAL CONSIDERADO	
	AGRICULTORES	HA	AGRICULTORES	HA	AGRICULTORES	HA
Acelga	8	1,1			8	1,1
Ajo	34	14,4			34	14,4
Alfalfa	74	22,1	12	13,6	86	35,7
Apio	1	0,2			1	0,2
Avena	2	0,4			2	0,4
Betarraga	5	0,7	1	0,3	6	1
Cebolla	19	5,7			19	5,7
Cebollin	3	0,5			3	0,5
Cilantro	2	0,3			2	0,3
Espinaca	3	0,3	1	0,1	4	0,4
Haba	15	0,9			15	0,9
Lechuga	10	3,5	1	0,2	11	3,7
Maiz	23	4,9	14	13,5	37	18,4
Melón	6	8,6			6	8,6
Papa	29	11,1			29	11,1
Quinoa	15	13,9			15	13,9
Rábano	2	0,3			2	0,3
Zanahoria	30	11,7	4	1,4	34	13,1
TOTAL	281	100,6	33	29,1	314	129,7

Fuente : Elaboración propia

Cuadro 9. Población encuestada y superficies asociadas

A nivel de cultivos presentes en las regiones en estudio, se pudo establecer que los 18 cultivos se realizan en un total de 129,6 ha. Tarapacá destina 100,6 ha en los 18 cultivos desarrollados, mientras que Antofagasta ocupa 29 ha, en sus 6 cultivos. La alfalfa representa el cultivo con mayor destinación de número de agricultores que la producen y concordante con ello la superficie utilizada en ambas regiones, esto es 35,7 ha; en el caso de Tarapacá con 22,1 ha y Antofagasta con 13,6 ha. Le siguen maíz con 18,3 ha, ajo y quinua con 14,4 ha y 13,9 ha respectivamente.

3.4. Ingresos promedio de agricultores encuestados

La producción agrícola de los 18 cultivos de importancia económica generada en ambas regiones, en la muestra poblacional entrevistada, genera ingresos por valor de \$1.324.318.289 en la temporada anual. A nivel de ingresos medios anuales de los 221 agricultores corresponderían a \$5.992.390, y como ingresos mensuales estimados de \$499.366. En materia de generación de ingresos consolidados (ambas regiones) cultivos como zanahoria, alfalfa y maíz, son los que generan los mayores ingresos respectivamente. Los cuadros 10 y 11, desagregan los ingresos por cultivos y la distribución de ellos.

CULTIVOS	INGRESOS PROMEDIO DE AGRICULTORES ENCUESTADOS - REGION DE TARAPACÁ					
	AGRICULTORES N°	SUPERFICIE HA	INGRESOS \$/TEMPORADA	EGRESOS \$/TEMPORADA	RESULTADOS \$/TEMPORADA	UTILIDAD %
Acelga	8	1,1	\$18.780.300	\$4.487.300	\$14.293.000	76,1%
Ajo	34	14,4	\$106.291.800	\$26.159.700	\$80.132.100	75,4%
Alfalfa	74	22,1	\$177.361.214	\$41.500.000	\$135.861.214	76,6%
Apio	1	0,2	\$5.000.000	\$325.000	\$4.675.000	93,5%
Avena	2	0,4	\$600.000	\$45.000	\$555.000	92,5%
Betarraga	5	0,7	\$6.360.000	\$2.671.000	\$3.689.000	58,0%
Cebolla	19	5,7	\$41.184.700	\$15.595.000	\$25.589.700	62,1%
Cebollin	3	0,5	\$3.128.000	\$794.000	\$2.334.000	74,6%
Cilantro	2	0,3	\$1.830.000	\$901.200	\$928.800	50,8%
Espinaca	3	0,3	\$4.500.000	\$767.300	\$3.732.700	82,9%
Haba	15	0,9	\$16.240.000	\$1.345.900	\$14.894.100	91,7%
Lechuga	10	3,5	\$80.370.000	\$8.783.800	\$71.586.200	89,1%
Maiz	23	4,9	\$61.190.000	\$9.184.700	\$52.005.300	85,0%
Melón	6	8,6	\$68.800.000	\$20.668.500	\$48.131.500	70,0%
Papa	29	11,1	\$79.497.475	\$18.515.400	\$60.982.075	76,7%
Quinoa	15	13,9	\$65.150.000	\$13.919.000	\$51.231.000	78,6%
Rábano	2	0,3	\$6.500.000	\$1.052.300	\$5.447.700	83,8%
Zanahoria	30	11,7	\$304.080.000	\$57.967.700	\$246.112.300	80,9%
TOTAL	281	100,6	\$1.046.863.489	\$224.682.800	\$822.180.689	78,5%

Fuente : Elaboración propia

Cuadro 10. Ingresos promedio de agricultores encuestados en Región de Tarapacá

CULTIVOS	INGRESOS PROMEDIO DE AGRICULTORES ENCUESTADOS - REGION DE TARAPACÁ					
	AGRICULTORES N°	SUPERFICIE HA	INGRESOS \$/TEMPORADA	EGRESOS \$/TEMPORADA	RESULTADOS \$/TEMPORADA	UTILIDAD %
Alfalfa	12	13,6	\$72.724.800	\$31.702.000	\$41.022.800	56%
Betarraga	1	0,3	\$3.600.000	\$2.977.000	\$623.000	17%
Espinaca	1	0,1	\$2.400.000	\$1.088.000	\$1.312.000	55%
Lechuga	1	0,2	\$480.000	\$327.500	\$152.500	32%
Maiz	14	13,5	\$168.125.000	\$24.030.000	\$144.095.000	86%
Zanahoria	4	1,4	\$30.125.000	\$5.019.500	\$25.105.500	83%
TOTAL	33	29,1	\$277.454.800	\$65.144.000	\$212.310.800	77%

Fuente : Elaboración propia

Cuadro 11. Ingresos promedio de agricultores encuestados en Región de Antofagasta

Del total de \$1.324.318.289 de ingresos generados por la producción y venta de los 18 cultivos presentes en ambas regiones, Tarapacá genera el 79% y Antofagasta el 21%, con \$1.046.863.489 y \$277.454.800 respectivamente. zanahorias, alfalfa y ajos son los cultivos que mayores ingresos generan en Tarapacá, con el 29%, 16,9% y 10,2% respectivamente. A nivel de ingresos promedios anuales y mensuales en Tarapacá corresponden a \$5.396.204 y \$449.684 respectivamente; para el caso de Antofagasta corresponden a \$10.276.104 y \$856.342 respectivamente. maíz, alfalfa y zanahoria son los cultivos que mayores ingresos generan en Antofagasta con 60,6%, 26,2% y 10,9% respectivamente.

3.4.1 Superficies plantadas con frutales en agricultores encuestados en la región de Tarapacá

En materia de producción de frutales, éstos fueron evaluados sólo en la región de Tarapacá, siendo 7 las especies producidas, Frutillas, Guayabas, Limón de Pica, Mango, Naranja; Pomelo y Tánguelo; los cuales se producen en las localidades de Valle de Quisma, Matilla, Pica, Bajo Pica y Alto Comiña, todas en la Comuna de Pica. Ver el cuadro 12 con el resumen de los ingresos producto de los frutales.

CULTIVOS	SUPERFICIE CON FRUTALES - REGION DE TARAPACÁ					
	AGRICULTORES N°	SUPERFICIE HA	INGRESOS \$/TEMPORADA	EGRESOS \$/TEMPORADA	RESULTADOS \$/TEMPORADA	UTILIDAD %
Frutilla	1	0,20	\$5.000.000	\$236.500	\$4.763.500	95,3%
Guayaba	6	1,15	\$29.810.000	\$4.540.000	\$25.270.000	84,8%
Limón de Pica	9	2,45	\$196.000.000	\$8.782.000	\$187.218.000	95,5%
Mango	21	4,29	\$45.055.500	\$12.749.860	\$32.305.640	71,7%
Naranja	1	0,03	\$1.050.000	\$109.340	\$940.660	89,6%
Pomelo	1	0,03	\$1.125.000	\$131.320	\$993.680	88,3%
Tangelo	24	6,71	\$266.493.500	\$22.236.700	\$244.256.800	91,7%
TOTAL	63	14,86	\$544.534.000	\$48.785.720	\$495.748.280	91,0%

Fuente : Elaboración propia

Cuadro 12. Superficies plantadas con frutales en el terreno de encuestados – Región de Tarapacá

La producción de frutales de importancia económica generada por la muestra poblacional entrevistada asciende a un valor de \$544.534.000 en la temporada anual. A nivel de ingresos medios anuales de los 63 campesinos correspondería a \$8.643.397, y como ingreso mensual estimados por agricultor de \$720.283.

4. CONCLUSIONES

- Los campesinos encuestados son productores agrícolas de subsistencia, dedicándose, principalmente, a la producción de diferentes cultivos y frutales
- Los campesinos entrevistados declaran complementar sus ingresos agrícolas con otras actividades productivas remuneradas, lo que habla de su condición de agricultores de subsistencia principalmente. para el caso de los campesinos que ejercen esta condición, 24,9% de los entrevistados, destinan, en promedio, la mitad de sus tiempos laborables con otras actividades remuneradas.
- Las mujeres campesinas forman un núcleo importante en la responsabilidad agrícola, lo que se expresa en que el 39,8% de las unidades productivas están bajo sus manejos prediales con interés económico.
- Los campesinos entrevistados son principalmente adultos mayores con edades promedio cercanas a los 60 años aproximadamente; siendo sus niveles educacionales recurrente los estudios secundarios incompletos, mientras que a mayor edad es de básica incompleta.
- Los campesinos entrevistados, en general, tienen experiencia productiva agrícola en sus propios territorios (17 años promedio), lo cual les favorece, al poseer las competencias para ejercer este oficio de productores de alimentos.
- El grupo familiar campesino es más bien reducido cuyo promedio es de dos personas; sin embargo, constituye la principal fuente proveedora de mano de obra para las labores productivas.
- A nivel de formalidad productiva, el 81,45% de los entrevistados desarrollan sus actividades bajo la figura de Informales, lo cual afecta su condición, de ser sujetos demostrables de acceso a beneficios públicos y privados, a recuperación de impuestos, acceso a créditos, entre otras externalidades que desfavorecen su condición económica y productiva

Hongos micorrícicos arbusculares como parte del “terroir” microbiano en viñedos



Alexis Velásquez Sáez
Doctor Ingeniero en Biotecnología Vegetal
alexis.velasquez@unap.com
Facultad de Recursos Naturales Renovables
Universidad Arturo Prat

El concepto de “terroir”, tradicionalmente asociado a las características geográficas y climáticas de un viñedo, ha evolucionado para incluir la compleja interacción entre la planta, el suelo y los microorganismos que en él habitan. Entre estos microorganismos, los hongos micorrícicos arbusculares (HMA) han emergido como actores clave en la definición del “terroir” microbiano de los viñedos.

Los HMA son hongos del suelo que establecen asociaciones simbióticas con la gran mayoría de las plantas terrestres, incluyendo la vid. Esta simbiosis se caracteriza por la formación de estructuras especializadas, denominadas arbusculos, en las raíces de la planta, a través de las cuales los hongos suministran agua y nutrientes, especialmente fósforo, a cambio de compuestos carbonados producidos por la planta (azúcares y lípidos). En el contexto de los viñedos chilenos, de renombre mundial por la calidad de sus vinos, los HMA adquieren una relevancia particular, dado el creciente interés por comprender los factores que influyen en la expresión aromática y la calidad sensorial de las uvas y los vinos.

Tradicionalmente, el estudio del “terroir” microbiano en la vinificación se ha centrado en levaduras y bacterias malolácticas, organismos directamente involucrados en los procesos de fermentación. Sin embargo, investigaciones recientes han puesto de manifiesto la importancia de otros microorganismos de la rizósfera, como los HMA, en la modulación de las características de las uvas y los vinos. Se ha demostrado que estos hongos pueden incrementar la producción de polifenoles, que contribuyen al color, sabor y propiedades antioxidantes del vino. Además, los HMA confieren a las plantas una mayor resistencia a estrés abiótico, como sequía, salinidad y metales pesados, condiciones que pueden afectar negativamente el crecimiento y desarrollo de la vid, especialmente en regiones áridas como el desierto de Atacama.

En Chile, nuestras investigaciones se han enfocado en caracterizar la diversidad de HMA presentes en viñedos de diferentes regiones y evaluar su impacto en la calidad de las uvas y los vinos. A través de técnicas moleculares, hemos identificado una amplia diversidad de especies de HMA asociadas a la vid, lo

que sugiere un gran potencial para la selección de cepas con características funcionales específicas. Asimismo, hemos observado que la inoculación de viñedos con HMA seleccionados puede aumentar la concentración de compuestos volátiles, como monoterpenos y norisoprenoides, que contribuyen al aroma floral y frutal de los vinos.

La región de Atacama, reconocida como el desierto no polar más árido del mundo, presenta condiciones ambientales extremas que desafían la viticultura. Sin embargo, la presencia de HMA en este ecosistema sugiere que estos hongos podrían desempeñar un papel fundamental en la adaptación de la vid a estas condiciones. Al comprender la diversidad y función de los HMA en viñedos de Atacama, podríamos desarrollar estrategias de manejo más sostenibles y eficientes para la producción de vinos de alta calidad en esta región.

En conclusión, los hongos micorrízicos arbusculares constituyen una pieza clave en el rompecabezas del terroir microbiano de los viñedos. Su capacidad para mejorar la nutrición de las plantas, aumentar su resistencia a estrés y modular la producción de compuestos bioactivos los convierte en aliados estratégicos para la producción de vinos de alta calidad. A través de la investigación y el desarrollo de nuevas herramientas biotecnológicas, podemos aprovechar el potencial de los HMA para optimizar la viticultura y contribuir a la sostenibilidad de los agroecosistemas.



Producción de Hortalizas en Invernaderos en Zonas Costeras del Desierto de Atacama Utilizando Agua de Niebla



Francisco Albornoz Gutiérrez
Ph.D. Ingeniero Agrónomo
fralbornoz@uc.cl
Facultad de Agronomía y Sistemas Naturales,
Pontificia Universidad Católica de Chile

AUTORES	
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CHILE	
CENTRO UC DESIERTO DE ATACAMA	
NOMBRE	UNIDAD ACADÉMICA
Francisco Albornoz	Facultad de Agronomía y Sistemas Naturales
Camilo del Río	Instituto de Geografía
Virginia Carter	Instituto de Geografía
Lucas Vásquez	Facultad de Arquitectura y Arte
Inés Vilches	Facultad de Agronomía y Sistemas Naturales

La producción agrícola en el desierto de Atacama está restringida por la extrema aridez y la mala calidad de los suelos. Entre los 18°S y 30°S la regular presencia sobre el océano de una nube de baja altura de tipo estratocúmulos al interactuar con la Cordillera de la Costa forma una niebla muy dinámica. La niebla puede ser colectada mediante la instalación de atrapanieblas, lo que permite contar con agua a lo largo del año.

Al combinar colecta de agua de niebla con cultivos hidropónicos en invernaderos es posible contar con una producción local y sustentable de alimentos frescos. El presente trabajo analiza el rendimiento de agua de niebla captada en dos localidades: Alto Patache (Región de Tarapacá) y Falda Verde (Región de Atacama). En ambas localidades se cuenta con bases de datos que permiten el análisis de rendimiento diario, promedio mensual y anual. Adicionalmente, se modelaron las condiciones ambientales y la

evapotranspiración de un cultivo de lechugas en invernaderos de polietileno utilizando la información climática en ambas localidades.

El rendimiento promedio anual de los colectores de niebla es de 2,9 y 3,3 L día⁻¹ m⁻² en Alto Patache y Falda Verde, respectivamente. La evapotranspiración de los cultivos en los meses más demandantes requiere de una superficie mínima de 1,7 m² de atrapaniebla por m² de cultivo al interior del invernadero. El requerimiento de energía eléctrica sólo debe permitir suministrar energía a las bombas de riego y aireación de la solución nutritiva, ya que, mediante ventilación pasiva, es posible mantener una temperatura al interior de los invernaderos entre 12 y 28°C.

Palabras claves: atrapanieblas; agricultura del desierto; producción hidropónica.

1. INTRODUCCIÓN

El desierto de Atacama corresponde al desierto más árido del mundo, con precipitaciones anuales promedio tan bajas como 0,8 mm en Iquique o 31 mm en Caldera (Dirección Meteorológica de Chile, 2023). Esto genera dificultades para el abastecimiento de agua en la zona, lo que se agravará aún más debido a la reducción de las precipitaciones en la Cordillera de Los Andes pronosticadas producto del cambio climático, limitando así la recarga de las napas subterráneas (Scheihing, 2018). Se espera que, para afrontar la disminución en la disponibilidad hídrica, se construya una red de plantas desaladoras, sin embargo, estas plantas presentan altos costos de construcción y operación. Por lo tanto, para abastecer de agua al rubro agrícola, es necesario contar con otras fuentes, como por ejemplo la explotación del agua de niebla.

Las zonas costeras a lo largo del desierto de Atacama cuentan con condiciones climáticas óptimas para la producción de cultivos, esto es temperaturas ambientales moderadas con baja oscilación anual y diaria, además de buenos niveles de radiación solar. Adicionalmente, en estos sectores es posible encontrar de forma habitual niebla, la que corresponde a extensas nubes bajas que se forman bajo una capa de inversión térmica producto de la interacción de masas de aire cálido de subducción y la capa fría marina. La niebla está formada por pequeñas gotas de agua (entre 1 y 40 μm de diámetro), las que se mantienen suspendidas en el aire y se mueven de forma horizontal transportadas por el viento (del Río et al., 2019). Este recurso hídrico puede ser colectado mediante atrapanieblas, construcciones ligeras formadas por un marco rígido que sostiene una malla extendida. Las pequeñas gotas de agua se van cohesionando al atravesar la malla y caen por gravedad, generando precipitación de agua, la que puede ser almacenada para su posterior uso (Cheng et al., 2021). Esta tecnología se ha utilizado en diversos lugares del mundo, sin embargo, el rendimiento en la colecta de agua depende de diversos factores, como por ejemplo la latitud y altitud donde se instalan los atrapanieblas, la distancia desde la costa, la dirección y velocidad del viento o los materiales utilizados en la malla (Yue et al., 2020).

Por otra parte, los suelos del desierto presentan otra limitante para la actividad agrícola debido a su alta concentración de sales (Albornoz et al., 2023). Sin embargo, mediante el uso de técnicas de cultivos hidropónicos, es posible realizar cultivos sin utilizar el suelo como sustrato, favoreciendo así una alta eficiencia en el uso del agua de riego (El-Nakhel et al., 2019).

En vista de estos antecedentes, el propósito del presente estudio fue evaluar la factibilidad de producir hortalizas en el Desierto de Atacama utilizando agua colectada de la niebla y sistemas de cultivos hidropónicos.

2. Materiales y Métodos

El estudio se realizó en dos localidades del desierto de Atacama: Alto Patache ($20^{\circ}49'S - 70^{\circ}09'O$) y Falda Verde ($26^{\circ}17'S - 70^{\circ}37'O$) (Figura 1). En ambos sitios se determinó el rendimiento de la colecta de agua de niebla a lo largo del año utilizando colectores estándar de niebla (SFC por sus siglas en inglés) o neblinómetros (Fig. 1B y 1C) (Schemenauer y Cereceda, 1994).

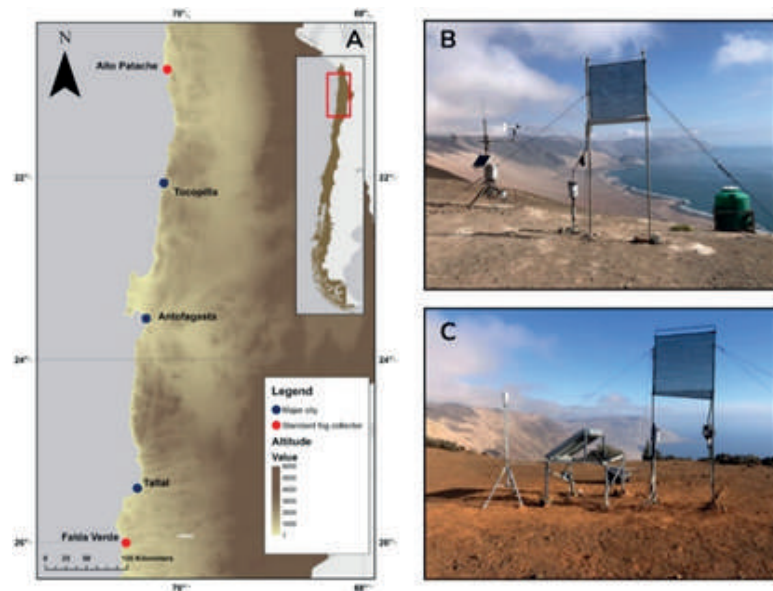


Figura 1. A: Ubicación de los sitios experimentales: Alto Patache (Región de Tarapacá) y Falda Verde (Región de Atacama); **B y C:** colectores estándar de niebla y estaciones meteorológicas en Alto Patache (B) y Falda Verde (C).

Utilizando las bases de datos climáticos disponibles en el software Meteonorm v8.0, se modelaron las condiciones ambientales al interior de invernaderos de polietileno instalados en cada localidad. Los datos modelados fueron validados con un cultivo de lechugas var. Mondai (tipo roble rojo) y Fabietto (tipo española verde) en ambas localidades. Adicionalmente, en base a la información de radiación, temperatura ambiental y humedad relativa, se determinó la demanda hídrica de cultivos de lechuga establecidos en cada invernadero.

El cálculo se hizo utilizando la ecuación simplificada de Penman-Monteith propuesta por Baille et al. (1994) según se describe a continuación:

$$T = (a \times (1 - e^{(-\alpha \times LAI)}) \times G + (b \times LAI \times VPD) \alpha^{-1})$$

T	corresponde al volumen de agua transpirado por el cultivo ($\text{kg m}^{-2} \text{s}^{-1}$);
α	α es el ángulo de distribución de las hojas (0,64 para lechuga según Stanghellini, 1987)
LAI	LAI es el índice de área foliar ($\text{m}^2 \text{m}^{-2}$; 19,6 para lechuga según Djidonou et al., 2019)
G	es la radiación solar incidente (W m^{-2}). Se considera que la radiación transmitida al interior del invernadero es el 85% de la radiación solar incidente
VPD	es el déficit de presión de vapor (kPa); λ es el calor latente de evaporación del agua (2260 KJ kg^{-1});
a y b	tanto a y b son parámetros del modelo. ($a = 0,67$ y $b = 0,0037$, de acuerdo con Baille et al (1994))

3. RESULTADOS

El rendimiento diario en la colecta de agua de niebla en Alto Patache, expresado en L por m^2 de malla por día, fluctúa entre $0,41 \pm 0,24$ y $6,18 \pm 1,96 \text{ L m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ a lo largo del año (Figura 2). Por su parte, el rendimiento más bajo en Falda Verde fue de $1,27 \pm 0,09 \text{ L m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ en febrero y el mayor fue de $7,42 \pm 0,79 \text{ L m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ en noviembre (Figura 2). En cuanto a la evapotranspiración del cultivo, la simulación indica que tanto para Alto Patache como para Falda verde los valores se encuentran entre $0,35 \pm 0,01$ en junio y $0,68 \pm 0,03 \text{ L m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ en enero (Figura 2).

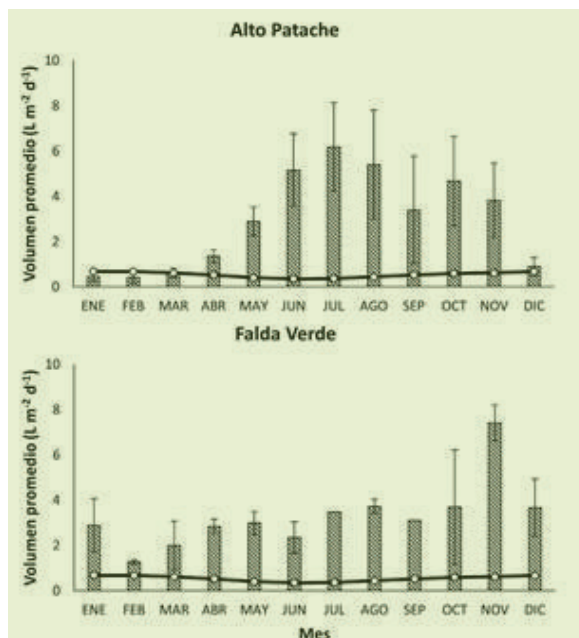


Figura 2. Volumen mensual promedio de agua cosechada (barras) y volumen de evapotranspiración (líneas) en Alto Patache (arriba) y Falda Verde (abajo). Los valores de cosecha se expresan en L por m^2 de atrapaniebla por día mientras que los valores de ET representan L por m^2 de superficie de cultivo por día.

Como se puede apreciar en la Fig. 2, la menor disponibilidad de niebla coincide con la mayor demanda evapotranspirativa del cultivo. Esta tendencia es aún más marcada en Alto Patache, donde se necesitarían 1,7 m^2 de atrapaniebla por m^2 de superficie con cultivo para asegurar el abastecimiento a lo largo del año. Sin embargo, también existe la posibilidad de acoplar la captura como estrategias de acumulación para suplir el bajo rendimiento de cosecha durante los meses de verano, debido a que la capacidad de cosechar agua aumenta de forma significativa en los meses de invierno.

En cuanto a las condiciones climáticas al interior del invernadero, las simulaciones indican que, con ventilación pasiva, asegurando 40 renovaciones de aire por hora, la temperatura se mantiene entre 10°C y 25°C, evitando así el requerimiento de equipos de climatización. Esto fue confirmado en los cultivos de lechuga que se realizaron en ambas localidades, obteniéndose plantas de 78 ± 6 g tras 21 días desde el trasplante (Figura 3).

Figura 3. Invernadero con cultivo de lechugas en Falda Verde.
Crédito de la fotografía: Nicole Saffie.



4. LITERATURA CITADA

- Albornoz, F.; del Río, C.; Carter, V.; Escobar, R.; Vásquez, L. 2023. Fog water collection for local greenhouse vegetable production in the Atacama Desert. *Sustainability* 15, 15720.
- Baille, M.; Baille, A.; Laury, J.C. 1994. A simplified model for predicting evapotranspiration rate of nine ornamental species vs. climate factors and leaf area. *Sci. Hortic.* 59, 217–232.
- Cheng, Y.; Zhang, S.; Liu, S.; Huang, J.; Zhang, Z.; Wang, X.; Yu, Z.; Li, S.; Chen, Z.; Zhao, Y.; et al. 2021. Fog catcher brushes with environmental friendly slippery alumina micro-needle structured surface for efficient fog-harvesting. *J. Clean. Prod.*, 315, 127862.
- del Río, C.; Lobos, F.; Siegmund, A.; Tejos, C.; Osses, P.; Huaman, Z.; Meneses, J.P.; García, J.L. 2019. GOFOS, Ground Optical Fog Observation System for monitoring the vertical stratocumulus-fog cloud distribution in the coast of the Atacama Desert, Chile. In *Proceedings of the 8th International Conference on Fog, Fog Collection and Dew*, Taipei, Taiwan, 14–19 Julio, 2019.
- Dirección Meteorológica de Chile. 2023. Climatología: Informe de Precipitaciones. Disponible en línea: <http://www.meteochile-gob.cl> (visitado el 18 de abril de 2023).
- Djidonou, D.; Leskovar, D.I. 2019. Seasonal changes in growth, nitrogen nutrition, and yield of hydroponic lettuce. *HortScience* 54, 76–85.
- El-Nakhel, C.; Giordano, M.; Pannico, A.; Carillo, P.; Fusco, G.M.; De Pascale, S.; Roupheal, Y. 2019. Cultivar-specific performance and qualitative descriptors for butterhead Salanova lettuce produced in closed soilless cultivation as a candidate salad crop for human life support in space. *Life* 9, 61.
- Scheihing, K. 2018. Water Resources Management in the Atacama Desert: Pivotal Insights into Arid Andean Groundwater Systems. Ph.D. Thesis, Technische Universität Berlin, Berlin, Germany.
- Schemenauer, R.S.; Cereceda, P. 1994. A proposed standard fog collector for use in high-elevation regions. *J. Appl. Meteorol.* 33, 1313–1322.
- Stanghellini, C. 1987. Transpiration of Greenhouse Crops: An Aid to Climate Management. Ph.D. Thesis, Wageningen University and Research, Wageningen, The Netherlands.
- Yue, H.; Zeng, Q.; Huang, J.; Guo, Z.; Liu, W. 2020. Fog collection behavior of bionic surface and large fog collector: A review. *Adv. Colloid. Interfac.*, 300, 102583.

Modelado biomatemático y ciencia aplicada al manejo agronómico: estrategias basadas en datos para temperaturas máximas extremas



Dr. William Campillay-Llanos
wcampillay@uct.cl
 Departamento de Ciencias Matemáticas y Físicas
 Universidad Católica de Temuco

1. INTRODUCCIÓN

La agronomía es una disciplina compleja que integra múltiples disciplinas para abordar problemas relacionados con la salud y la alimentación humana. A lo largo de los años, esta actividad ha sido fundamental para el desarrollo de las sociedades y ha inspirado algunos de los avances tecnológicos más notables, ya que de ella depende la supervivencia de la humanidad (Parodi, 2010). Actualmente, los métodos modernos, como la inteligencia artificial, han deslumbrado a ciudadanos, políticos y científicos por sus notables resultados en la mejora de estrategias de manejo, riego y optimización de los procesos productivos de alimentos. Por ejemplo, las técnicas de árboles de decisión y bosques aleatorios han sido útiles para predecir el rendimiento de cultivos utilizando datos como la lluvia (mm), temperatura (°C), fertilizantes (kg), nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K). Estas dos técnicas de predicción corresponden esencialmente a técnicas de regresión. ¿Pero qué significan las técnicas de regresión? Esencialmente, cuando se tiene un conjunto de datos, se requiere saber qué tan dispersos se encuentran estos valores en relación con un valor promedio u óptimo.

La herramienta matemática y las ideas que emergen como la primera alternativa para realizar esto fueron propuestas de manera independiente por los matemáticos Gauss y Lagrange. Este método, que sustenta muchas técnicas de regresión, se

conoce como el método de mínimos cuadrados (Sheynin, 1993). Se utiliza para calcular la recta de regresión lineal que minimiza los residuos, es decir, las diferencias entre los valores reales y los estimados por la recta. Recordemos que la recta es el objeto geométrico más sencillo que estudiamos durante nuestros años escolares; su representación algebraica es: $Y = AX + B$, donde el significado de Y puede ser la temperatura, X el año, B es la temperatura cuando $X = 0$, y A es la inclinación de la recta. Si A es positivo, la recta sigue una tendencia ascendente, y si A es negativo, la tendencia es descendente. Al reflexionar profundamente sobre el significado de A , podemos encontrar una interesante relación entre las actividades agrarias y el descubrimiento científico.

El padre de Isaac Newton fue Isaac Newton y su madre Hannah Ayscough, quienes se dedicaban a las labores propias del campo en el siglo XVII. Entre los años 1665 y 1666 ocurrió la epidemia conocida como la Gran peste de Londres. Debido a esto, el joven Isaac Newton, de 23 años, se recluyó en Woolsthorpe, en el condado de Lincolnshire, a 100 kilómetros de Cambridge y a 170 de Londres. Durante este período, Newton escribió la obra que da un sentido más profundo al parámetro A . Newton creó lo que hoy conocemos como cálculo diferencial, como se observa en la Figura 1. Aunque el lenguaje de Newton es completamente euclidiano, en este contexto podemos decir que la noción de



M. Sc. Patricio González-Colville
pgonzalez@utalca.cl
 Centro de Investigación y Transferencia en Riego y
 Agroclimatología (CITRA)
 Universidad de Talca

inclinación se traduce como la velocidad de incremento de la temperatura, expresada por el parámetro A . Esta inclinación representa la velocidad a la cual aumenta la temperatura por mes, y en términos algebraicos, se denota por $Y' = A$. Si asumimos la notación funcional y aplicamos las reglas del cálculo

propuestas por Newton y utilizadas en los cursos avanzados de escolaridad o universidad, obtenemos que $(Y(X))' = (AX + B)' = A(X)' + B' = A(1) + 0 = A$. La derivada de la función $Y(X) = AX + B$ es, por tanto, A .



Figura 1. Este libro fue escrito por el matemático y filósofo natural Isaac Newton alrededor de 1660 y fue publicado en 1736. En esta obra, Newton presenta lo que hoy se denomina cálculo diferencial. Foto tomada en el museo de Ciencias en Londres por el Dr. William Campillay-Llanos.

De este modo, para derivar la ecuación a partir de los datos se requieren las técnicas propuestas por Gauss, mientras que para dar un sentido más profundo a este objeto recurrimos a la noción de velocidad propuesta por Newton. Aquí es donde la estadística y la matemática se complementan para interpretar la realidad. Utilizando estas ideas, el equipo del Centro de Investigación y Transferencia en Riego y Agroclimatología (CITRA) de la Universidad de Talca, compuesto por el Dr. William Campillay-Llanos, Mg. Patricio González, Dr. Samuel Ortega-Farías y el Dr. Marlon López-Flores, han analizado los datos de las temperaturas máximas extremas en las ciudades de Santiago, Curicó, Talca, Chillán y Los Ángeles, y han demostrado que es posible describir las tendencias de estas temperaturas a través de una recta (Campillay-Llanos et al., 2024b). En esta ocasión, optamos por no utilizar técnicas modernas de modelamiento, sino por aprovechar la versatilidad del equipo al reconocer que existen diferentes enfoques en la ciencia. Algunos se especializan en la recolección de datos confiables, otros en la aplicación de técnicas y otros en la formulación de teorías. De este modo, el equipo ha logrado describir datos complejos de manera sencilla, sin recurrir a métodos sofisticados, facilitando la comprensión para quienes se dedican a las labores de campo o a la creación de políticas públicas.

2. ¿Cómo obtener una ecuación sencilla a partir de datos complejos?

Aunque desde la época de los pensadores griegos como Aristóteles (384-322 a.C.) y Teofrasto (372-288 a.C.) se observó que los colores del cielo y las nubes durante la puesta de sol podían ofrecer señales sobre el tiempo futuro, los pronósticos agrícolas modernos requieren herramientas más precisas. Siguiendo la línea del pensamiento racionalista, el astrónomo y matemático

Pierre-Simon Laplace (1749-1827) impulsó las técnicas de predicción meteorológica basadas en el método científico, con importantes contribuciones del francés Urbain Le Verrier (1811-1877) y del meteorólogo noruego Vilhelm Bjerknes (1862-1951). Estos avances conceptuales y científicos han permitido el desarrollo de nuevas herramientas para el registro de temperaturas. En el Congreso Agronómico celebrado en Iquique en 2023, el agro-climatólogo Patricio González presentó el trabajo titulado "Indicador de probabilidad mediante ajuste lineal para temperaturas extremas y su impacto en fruticultura". Este trabajo ejemplifica el pensamiento racionalista al utilizar una extensa base de datos que abarca las temperaturas extremas máximas desde 1900 hasta 2023 en las ciudades de Santiago, Curicó, Talca, Chillán y Los Ángeles. A partir de esta base de datos, se establece una tendencia y se construye un modelo sencillo que puede ser utilizado para realizar predicciones. ¿Cómo se logra esto?

Al observar las temperaturas máximas registradas por una estación meteorológica, se identifica un patrón sinusoidal o trigonométrico, como se muestra en la Figura 2. Cada registro corresponde a un día, y la tendencia presenta oscilaciones. Con los datos previamente registrados, una opción de modelado es ajustar una curva del tipo trigonométrico; sin embargo, nuestro equipo de investigación buscaba un enfoque más sencillo.

Así, al reducir la cantidad de datos y considerando el conocimiento del agro-climatólogo experto (Guyot, 1997), decidimos seleccionar únicamente las temperaturas máximas extremas de cada mes para identificar patrones más claros. En consecuencia, la base de datos analizada se limita a las temperaturas máximas extremas de los meses de enero, febrero, marzo y abril de cada año. Al explorar estos datos, descubrimos que siguen una

tendencia lineal, la cual puede ser representada mediante la ecuación de la recta: $Y=AX+B$, donde Y corresponde a la tempe-

ratura máxima extrema, X al mes, B es el intercepto en el eje vertical, y A es la pendiente de la recta (que indica la tasa de

Temperaturas máximas durante 2016-2021

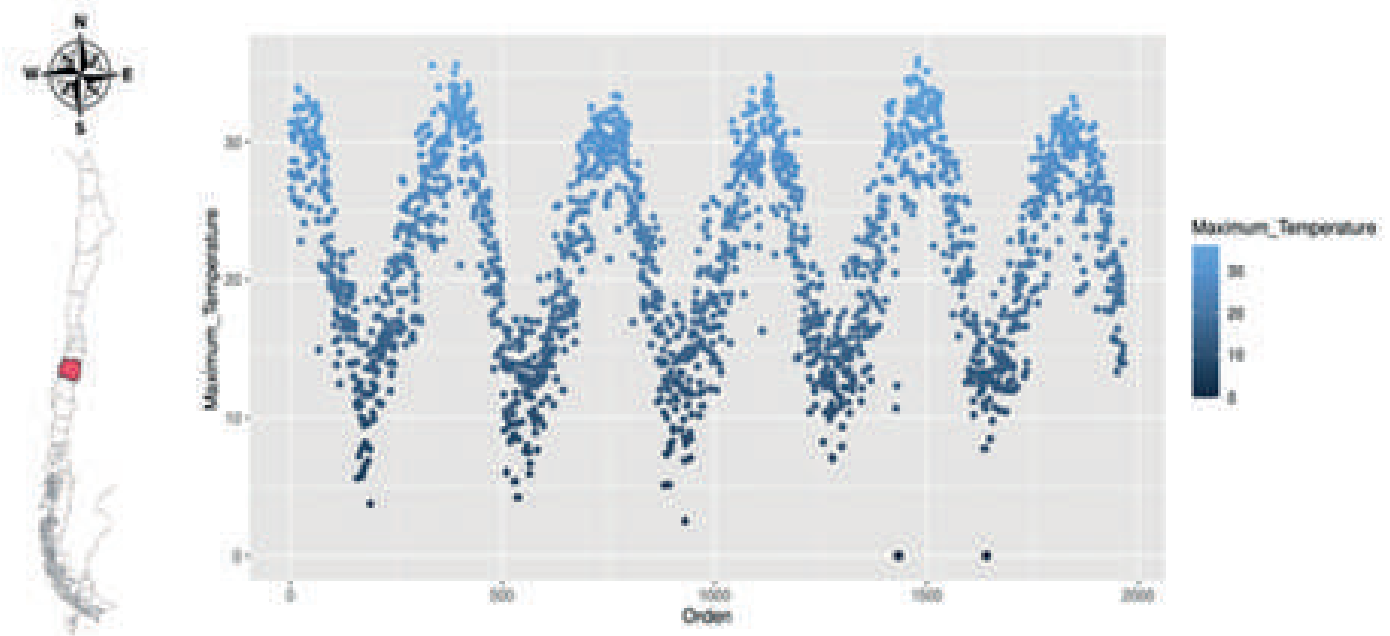


Figura 2. Esta figura muestra los datos de temperaturas máximas utilizados en el estudio: *Development and validation of phenological models for eight varieties of sweet cherry (Prunus avium L.) growing under Mediterranean climate conditions* (Campillay-Llanos et al., 2024c).

Utilizando los datos y las ideas propuestas por Patricio González en el estudio presentado por Campillay-Llanos et al. (2024), se establece que en Santiago (1926-1999), la pendiente es -0.0048937 y el intercepto es 33.8013 . En Curicó (1926-1999), la pendiente es -0.0050657 y el intercepto es 33.7655 . En Talca (1914-1999), la pendiente es -0.00028521 y el intercepto es 33.8567 . En Chillán (1950-1999), la pendiente es -0.0005966 y el intercepto es 33.478 . Finalmente, en Los Ángeles (1931-1999), la pendiente es -0.020314 y el intercepto es 33.0116 . Estos datos indican una tendencia general de disminución en las temperaturas máximas durante el siglo XX en estas ciudades. En contraste, al analizar los datos correspondientes a los años 2000-2023, se observa que en Santiago, la pendiente es 0.01918 y el coeficiente de posición es 33.2871 . En Curicó, la pendiente es 0.017125 y el coeficiente de posición es 32.8955 . En Talca, la pendiente es 0.016467 y el coeficiente de posición es 33.9774 . En Chillán, la pendiente es 0.033544 y el coeficiente de posición es 32.4648 . En Los Ángeles, la pendiente es 0.046807 y el coeficiente de posición es 32.2153 . Estos resultados sugieren un incremento en las

temperaturas extremas de verano en todas las ciudades analizadas, con Chillán y Los Ángeles mostrando las tendencias más pronunciadas.

Para evaluar la probabilidad de que una temperatura máxima extrema siga la tendencia observada, el estudio de Campillay-Llanos et al. (2024) aplica el concepto de probabilidad definido por Laplace. Este concepto se basa en el cociente entre el número de resultados favorables para que ocurra un evento A y el número total de resultados posibles en un experimento. En el contexto de nuestro estudio, los casos favorables corresponden a las temperaturas que se encuentran dentro del polígono delimitado por las tendencias y calculadas con las desviaciones estándar. Los casos posibles incluyen todos los puntos presentados en la Figura 3. Los resultados sugieren que existe entre un 54% y un 66% de probabilidad de que las temperaturas máximas extremas sigan una tendencia ascendente representada por una línea recta con pendiente A . Para el equipo de trabajo, este hallazgo es un resultado elegante y análogo a la ley de Titius-Bo-

de en astronomía, que relaciona la distancia de un planeta al Sol con su número de orden utilizando una regla simple. La ley se describe mediante una recta en la que Y representa el semieje mayor de la órbita, X es el doble del valor anterior (X = 0, 3, 6, 12, 24, 48, ...), el intercepto B es 4/10 y la pendiente A es 1/10. Esta analogía facilita el avance en el modelamiento de datos, permiti-

tiendo formular leyes simples a partir de datos extremadamente complejos. Nuestro equipo denomina a esta actividad "Ciencia". Aplicado a nuestro estudio, esto permite establecer recomendaciones para los próximos veranos, en los que se prevé un aumento en las temperaturas.

Trend of Maximun Temperature in Santiago form 2000 of 2023

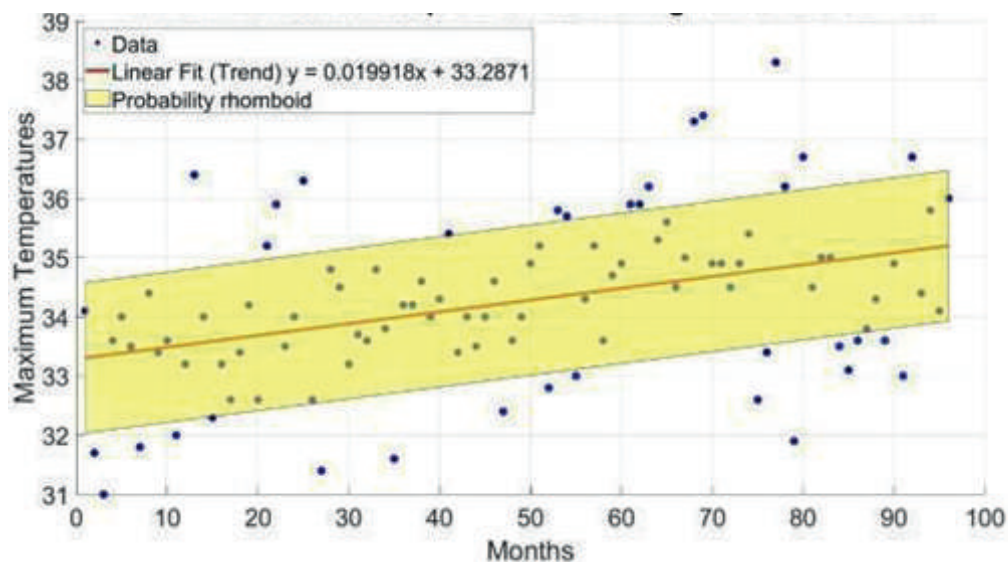


Figura 3. Esta figura, extraída del artículo "Historical trends and future scenario projection of maximum summer temperatures in the southern hemisphere: central-southern zone of Chile," aceptado en la revista IDESIA (Campillay-Llanos et al., 2024b), muestra el área destacada en el polígono amarillo, que indica la zona con mayor probabilidad de presentar temperaturas extremas. Las demás ciudades presentan tendencias similares.

3. Conclusiones y proyectos de futuros

Las temperaturas máximas extremas representan una preocupación significativa, ya que actualmente son responsables de la muerte de miles de personas y afectan gravemente a países como Chile, productores de recursos naturales valiosos como la cereza dulce. Estos eventos climáticos extremos ponen en riesgo la calidad de estos productos. Mediante el uso de técnicas matemáticas y la selección adecuada de datos, es posible identificar y presentar tendencias en las temperaturas extremas en la zona centro-sur del país. Esta tarea se realiza integrando el

conocimiento agroclimatológico de la agronomía con técnicas matemáticas en un modelo de análisis, lo cual es la esencia del modelamiento biomatemático practicado durante más de un cuarto de siglo en el Centro de Investigación y Transferencia en Riego y Agroclimatología (CITRA) de la Universidad de Talca.

Además, estas técnicas tienen el potencial de extenderse a otras áreas como la Fitopatología (Campillay-Llanos et al., 2024a). Por ejemplo, se podría investigar si el crecimiento de Botrytis se ve favorecido por altas temperaturas en huertos de frutales mediante ensayos experimentales y modelos biomatemáticos.

4. REFERENCIAS

- 1 Campillay-Llanos, W., Ortega-Farías, S., González, P., Díaz, G., López-Flores, M. (2024a). Impact of climate change on the susceptibility of crops to *Botrytis cinerea* in a Mediterranean climate type. *Sometido a Journal of Soil Science and Plant Nutrition*.
- 2 Campillay-Llanos, W., González, P., Ortega-Farías, S., López-Flores, M. (2024b). Historical trends and future scenario projection of maximum summer temperatures in the southern hemisphere: central-southern zone of Chile. *Aceptado en la revista IDESIA*.
- 3 Campillay-Llanos, W., Ortega-Farías, S., & Ahumada-Orellana, L. (2024c). Development and validation of phenological models for eight varieties of sweet cherry (*Prunus avium* L.) growing under Mediterranean climate condition. *Scientia Horticulturae*, 326, 112711.
- 4 Guyot, G. (1997). *Climatologie de l'environnement. De la plante aux écosystèmes*. Elsevier Masson SAS.
- 5 Parodi Pinedo, P. (2010). *Los desafíos de la agronomía*. Ediciones Universidad Católica de Temuco.
- 6 Sheynin, O. (1993). On the history of the principle of least squares. *Archive for history of exact sciences*, 39-54.

Importancia de la reforestación en la Pampa del Tamarugal

Marcelo Rojas Arias
Ingeniero Forestal
mrojasa@unap.cl
Facultad de Recursos
Naturales Renovables
Universidad Arturo Prat



1. PALABRAS INICIALES

Cuenta la historia, que el primer viaje del Diego de Almagro a Chile, intento fallido de conquista, existía en la Pampa la hija de una gran jefe Inca, llamada Ñusta Huillac, quien fue gran enemiga de la conquista española, y, una vez que los españoles se fueron, ella y sus seguidores se refugiaron en los bosques existentes en la Pampa del Tamarugal.

Esta es una de las primeras veces en que, en nuestra historia, se nombra a la Pampa del Tamarugal.

En la década de 1830, durante el inicio del Ciclo Salitrero en la Pampa, se comenzó la explotación más intensa del bosque de Tamarugos y Algarrobos. Lo anterior, debido a que, en las salitreras, la leña era la fuente de energía que impulsaba y sostenía la explotación del salitre. Causante del desastre anterior, fueron las minas de plata, además de la producción de carbón que se utilizaban en los campamentos mineros.

Debido al desastre que se estaba cometiendo en la pampa con los bosques de Tamarugos y Algarrobos, durante el Gobierno de Manuel Pardo, Presidente de la República del Perú, y del primer Prefecto de la Provincia Litoral de Tarapacá, se crea la Comisión Agrícola Pampa del Tamarugal.

Esta comisión se constituyó, tras Yellowstone en los Estados Unidos, como una de las primeras iniciativas para la conservación de área boscosa protegida

2. PARTICIPACIÓN DE LA CORPORACION NACIONAL FORESTAL (CONAF)

A partir de 1964, la Corporación de Fomento de la Producción, CORFO, inicio ensayos de reforestación los que contemplaron en aproximadamente 23.000 hectáreas. Situación que se mantuvo hasta el año 1973. Durante la década de los ochenta, se traspasó este trabajo a la Corporación Nacional Forestal (CONAF), la cual propuso la creación de la Reserva Nacional Pampa del Tamarugal.



Durante el año 2022, en el gobierno del Presidente de Chile, Sr. Gabriel Boric, se planteó la necesidad de comenzar con un plan de reforestación a nivel nacional, ya que los bosques, no solo en Chile sino en todo el mundo han disminuido, esto debido a la tala indiscriminada o, también, por grandes incendios, estos últimos, en más de un 90%, producidos por el hombre.

Esta iniciativa recayó en la Conaf, que a, nivel nacional, se planteó las necesidades por región de las superficies a plantear. Entre los años 2022 y 2023, en la región de Tarapacá se han plantado especies como Tamarugo, Algarrobo, Atriplex y Pimientos, cubriendo una superficie de aproximadamente 20 hectáreas.

Durante el año 2024, la Corporación Nacional Forestal planteo la necesidad que, la reforestación también debería hacerse en parcelas privadas, ya que se debía apoyar a los pequeños ganaderos, a los que, estas especies, también han servido, para mantener sus masas ganaderas, como son los caprinos y ovinos las cuales se alimentan de los frutos de estas especies. La iniciativa anterior, ha tenido buena acogida en la comunidad ya que, Conaf, aparte de ofrecer las especies arbóreas, también facilita un nuevo formato de riego para ellas, lo cual ha facilitado el uso más eficiente del agua, recurso cada vez más escaso en el acuífero de la pampa del Tamarugal

Este sistema de riego consiste en colocar a un costado de la planta un Tubo de PVC de 110 mm de diámetro y, de un metro

y medio de altura. Estos tubos tienen tapas tanto abajo como arriba y, van enterrados unos 50 centímetros. En su extremo inferior, el tubo tiene una pita de plástico, por la cual la planta absorbe el agua necesaria.



Durante el mes de junio año 2024, se llegó a un acuerdo, entre la Corporación Nacional Forestal y la Universidad Arturo Prat, con la cual, se reforestarían sectores de la Estación Experimental Canchones, hecho que también hubiera sucedido en la Estación, durante épocas anteriores.

Este plan, ha consistido, que, hasta septiembre de este año, la superficie reforestada en Canchones ha sido de aproximadamente 3 hectáreas, ocupándose el Algarrobo para este propósito.

3. ¿PORQUE REFORESTAR?

Esa es la gran pregunta que nos podemos hacer. Recordemos que los árboles, son seres vivos que han entregado muchos recursos a lo largo del tiempo, como son; alimento, forraje, materiales para la construcción entre otros muchos recursos.

Pero creo que lo más importante, es que ellos son grandes productores de oxígeno a la atmósfera, los cuales representan un gran pulmón para ser humano.

Tal como dice el dicho, cada ser humano, durante su vida,



Revista Digital CANCHONES

faren
Facultad de Recursos
Naturales Renovables