

Producción de Vegetales en Base Antártica Conjunta Marambio Antártida Argentina

Jorge Alberto Birgi^{1,2}, Pablo Luis Peri^{1,2,4}, Verónica Gargaglione^{1,2,4}, César Araujo Prado⁵, Boris Díaz^{1,2}, Martín Díaz⁶, Leonardo González, Esteban Gesto³, Karim Hallar³, Daniel Laguía³, Sofia Osiris³

¹Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Estación Experimental Agropecuaria (EEA) Santa Cruz, Mahatma Gandhi 1322 (9400) Santa Cruz, Argentina. ²Universidad Nacional de la Patagonia Austral (UNPA), Unidad Académica Río Gallegos (UARG), Av. Gregores y Piloto "Lero" Rivera (9400), Río Gallegos, Santa Cruz. Instituto de Ciencias del Ambiente, Sustentabilidad y Recursos Naturales (ICASUR). ³Universidad Nacional de la Patagonia Austral (UNPA), Unidad Académica Río Gallegos (UARG), Av. Gregores y Piloto "Lero" Rivera (9400), Río Gallegos, Santa Cruz. Instituto de Tecnología Aplicada (ITA), Proyecto de investigación (PI) 29/A425-1. ⁴Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Centro de Investigaciones y Transferencia de Santa Cruz (CIT), Av. Lisandro de la Torre 860 (9400), Santa Cruz. ⁵Comando Conjunto Antártico, Av. Paseo Colón 1407 (1063), CABA, Buenos Aires, Argentina. ⁶Dirección Nacional del Antártico, Esmeralda 1212 3.er piso (1007) CABA, Buenos Aires, Argentina.

gargaglione.veronica@inta.gob.ar

RESUMEN

La República Argentina sostiene su presencia en forma ininterrumpida en la Antártida desde 1904. Este logro requiere de un gran esfuerzo de orden logístico que incluye, entre otros aspectos, el abastecimiento de alimentos para el personal que habita y trabaja en las distintas bases del continente antártico. Es importante destacar que en las bases se emplean casi exclusivamente alimentos congelados y conservas para la elaboración de los alimentos, quedando el personal privado de la posibilidad de ingerir alimentos frescos por períodos prolongados.

INTRODUCCIÓN

Por una parte, la ingesta de alimentos frescos presenta ventajas nutricionales sobre la de alimentos conservados, los cuales en general poseen un alto contenido en sodio y conservantes. La inclusión de alimentos frescos en la dieta del personal mejora su alimentación haciéndola más placentera con el agregado, por ejemplo, de hortalizas de hoja. Por otra parte, el hecho de estar en contacto con plantas en un ambiente cá-

lido, armónico y verde puede retribuir en aspectos positivos y de distracción para aquellas personas que pasan mucho tiempo encerrados debido a un ambiente climáticamente hostil la mayor parte del año (Ulrich y Parson, 1992; Parson *et al.*, 1994). Además, existen evidencias de los beneficios psicológicos que conlleva la producción de plantas en el personal que habita en el continente antártico (Pathak *et al.*, 1994; Haeuplik-Meusburger, 2013). En este contexto, a partir del

año 2015, investigadores de la EEA INTA Santa Cruz, Universidad Nacional de la Patagonia Austral, la Dirección Nacional del Antártico y personal del Comando Conjunto Antártico comenzaron a delinear las pautas para lograr la producción de verduras frescas en la Antártida Argentina, mediante la implementación del proyecto MAPHI: Módulo Antártico de Producción Hidropónica, el cual tiene como objetivo principal lograr cultivos frescos *in situ* a partir de emplear tecnología hidropónica *indoor*.

Las primeras experiencias de producción de cultivos en la Antártida datan del año 1902 (Bamsey *et al.*, 2015) y desde ese entonces se han informado al menos 46 emprendimientos de producción de cultivos llevados adelante por 13 naciones, tanto en invernaderos como en contenedores marítimos (Bamsey *et al.*, 2015). Muchas de estas experiencias fueron realizadas con suelo traído desde el continente, mientras que otras ya utilizaban tecnología hidropónica. A partir de octubre de 1991 se crea el Tratado Antártico que incluye el protocolo de protección ambiental de la Antártida (Protocolo de Madrid), el cual provee un amplio rango de protección para evitar la invasión de especies exóticas y prohíbe el cultivo con suelo exógeno. Este protocolo entró en vigencia a partir de 1998 y en ese momento muchas de las producciones que se llevaban adelante tuvieron que ser erradicadas del continente antártico. Desde ese entonces, solo 9 naciones llevan adelante la producción de cultivos cumpliendo los recaudos y permisos que exige el Tratado Antártico, varias solo a escala experimental y siendo la tecnología hidropónica la mayormente utilizada (Bamsey *et al.*, 2015).

La tecnología indoor se ha mostrado efectiva para la producción hortícola en ambientes extremos, consiste en cultivar en ambientes artificiales proveyendo a las plantas todos los recursos necesarios para sobrevivir: luz, agua, temperatura y nutrientes. La técnica de hidroponía, por su parte, involucra producir cultivos en un medio acuoso (solución nutritiva), sin suelo, cuya importancia reside en la alta producción por metro cuadrado, menor incidencia de enfermedades (muchas de las cuales se propagan en el suelo) y su gran eficiencia en el uso de agua.

Actualmente, no existen antecedentes de producción de verduras en la Antártida Argentina, donde las bajas temperaturas y la falta total de luz solar en invierno limitan la producción de cualquier tipo de cultivo. El proyecto propuesto es innovador y pretende generar conocimientos y producción de alimentos de alta calidad para el personal que permanece en las bases por largos períodos. El presente trabajo tiene como objetivo describir el módulo con tecnología hidropónica indoor e instalado armado, y los primeros resultados productivos del cultivo de verduras en el territorio de la Antártida Argentina, logrados a partir del proyecto MAPHI.

MATERIALES Y MÉTODOS

Sitio de estudio

El trabajo se realizó en la Base Antártica Conjunta (BAC) Marambio de la Antártida Argentina (64° 14' S; 56° 38' O) operada por el Comando Conjunto Antártico, dependiente del Ministerio de Defensa. En este lugar las temperaturas medias de verano rondan los -2 °C y 3 °C, y las de invierno los -10 °C y -20 °C con mediciones de velocidad del viento que superan los 125 km/h y sensación térmica de hasta -50 °C.

Descripción del Módulo de Producción

El módulo se construye en un contenedor marítimo de 20 pies revestido con una triple capa aislante térmica y acústica de lana de roca con barrera de vapor, necesaria para amortiguar el efecto del viento y el frío reinante. El módulo cuenta con dos sectores de producción con tres niveles cada uno (figura 1). Los niveles fueron armados con paneles de aluminio nervado de 6,6 m de largo por 0,6 m de ancho. En cada nivel de producción se emplazaron 12 cajones (40 x 30 x 12 cm) de 10 litros

de capacidad, con 4 perforaciones cada uno, que permiten el anclaje de 4 plantas por cajón. La configuración diseñada permite producir 240 plantas adultas (4 plantas por cajón x 12 cajones por nivel x 5 niveles de producción). En el sexto nivel de producción se producen los plantines necesarios para abastecer las plantas para cargar el módulo (figura 1). Además, el sistema permite producir 10 bandejas (54,5 cm x 28 cm x 4 cm) de microgreens (germinados), dándole al módulo un mayor dinamismo en la producción de alimentos, ya que los germinados requieren solo 15 días para ser cosechados, la mitad del tiempo necesario para la cosecha de una planta adulta anclada al sistema principal de producción. Todos los cajones de producción drenan los excedentes de solución a los tanques principales mediante un caño principal de 63 mm. Los caños cuentan con juntas de goma de alta estanqueidad y la recirculación de la solución en el circuito cerrado otorga al sistema productivo una alta eficiencia en el uso de agua.

Con respecto al sistema de producción elegido, este es hidropónico mediante

Figura 1. Módulo antártico de producción hidropónica (MAPHI) realizado en un contenedor marítimo de 20 pies, revestido y aislado térmicamente. Se observa a la izquierda los tres niveles de producción con cajones con lechuga (abajo) y rúcula (medio y superior), y a la derecha los dos niveles superiores con lechuga mientras que el nivel inferior contiene las bandejas con los plantines para ir reponiendo las plantas en los cajones.





cajones de producción, todos interconectados entre sí con una entrada de solución y una salida. En total, la lámina de solución en cada cajón es de 12 cm, de los cuales solo 10 son utilizados por la solución nutritiva, dejando 2 cm para el intercambio gaseoso y la respiración de las raíces de la planta. Es importante resaltar que el uso de una lámina intermedia cobra relevancia en un ambiente como el de la Antártida, ya que su principal objetivo es modificar las características nutricionales en la solución, permitiendo la fijación de oxígeno atmosférico (como en NFT), y que a la vez resista el mantenimiento de las plantas en intervalos de bombeo superiores a 40 minutos (como en DFT). Esto también colabora en optimizar el consumo eléctrico y sostener el crecimiento de las plantas sin aporte de solución hasta por 24 horas.

Sistema de luces y calefacción

Cada nivel de producción cuenta con un sistema de luces de sodio de alta presión (SAP) compuesto por tres lámparas T-SON de 400W accionadas desde un balasto encapsulado IP 22. El fotoperíodo es de 8 horas por cada nivel, encendiendo vía programador analógico instalado en el tablero de comando. La cantidad de luz fotosintéticamente activa entregada por las lámparas fue medida con una barra PAR Apogee Modelo WQ-301, tomando 3 mediciones en cada uno de los niveles. En cuanto a la temperatura, las lámparas emiten calor y por sí solas permiten alcanzar los 26 °C en

el interior del módulo de producción. La calefacción entregada por las luminarias de producción fue complementada con un panel calefactor de bajo consumo de 620 W, que funciona como apoyo, ya que solo se acciona cuando en el interior del módulo la temperatura desciende por debajo de los 15 °C. La temperatura del módulo es monitoreada por 4 sensores distribuidos en los niveles 1 y 4 (sector de abajo) y niveles 3 y 6 (sector de arriba). Estos sensores registraban la temperatura diariamente cada dos horas. Todos los sistemas necesarios para la producción de los cultivos están centralizados en un tablero de comando, centro neurálgico del módulo MAPHI que permite la programación de los servicios, el corte de emergencia y la entrega del suministro eléctrico para las luces, las bombas, la red de datos y los sensores del sistema de telemetría.

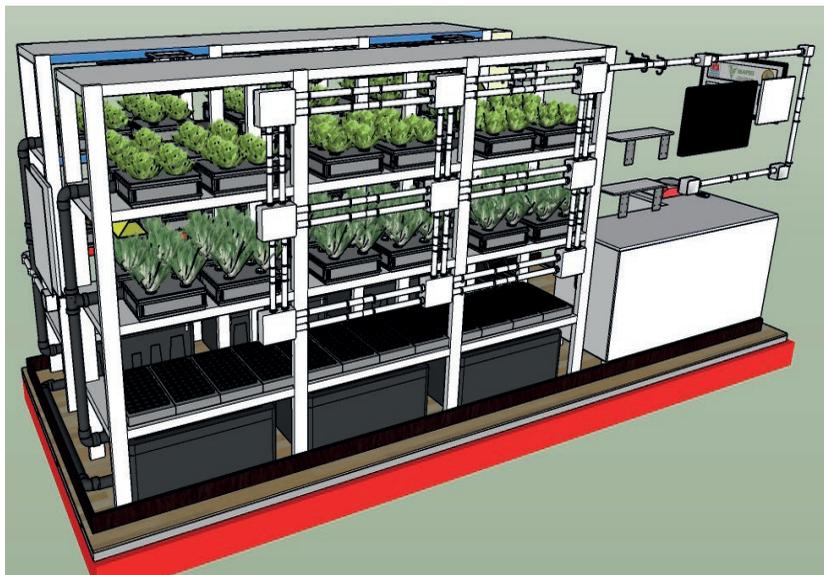
Supervisión, adquisición de datos y control: Sistema IoT

El módulo de producción cuenta con un sistema integrado de telemetría, que incluye sensores, actuadores y software desarrollado en el marco de las tecnologías IoT (Internet of Things, Internet de las cosas, por sus siglas en inglés), tendiendo a la utilización de hardware de bajo costo y software libre, lo que ha resultado en el diseño, documentación y fabricación de toda la electrónica y software de sensado del módulo. La utilización de herramientas de control automático o semiautomático de las variables ambientales permite

garantizar la estabilidad de las variables que actúan directa e indirectamente en el desarrollo de las plantas, aportando calidad a la producción y una mayor homogeneidad del cultivo. Entre los principales sensores con los que cuenta el módulo y las variables que son factibles de monitorear de manera remota se encuentran: temperatura del aire, humedad relativa, caudal de la solución en cada nivel, disponibilidad de agua y soluciones, temperatura de la solución, alarma ante derrames, alarma de presencia de llamas, alarma de presencia de humo, potencial hidrógeno de la solución (pH), conductividad eléctrica de la solución, dióxido de carbono, oxígeno disuelto, consumo eléctrico y estabilidad de la línea eléctrica.

En cuanto a su arquitectura, un modelo IoT genérico se representa con cinco capas:

- 1) Capa de objetos o percepción:** esta capa recolecta e intercambia información entre los sensores de los objetos físicos. Sensores y actuadores proveen las diferentes funcionalidades. Los datos son transferidos a la capa de red.
- 2) Capa de red o transmisión:** esta capa transfiere de forma segura la información de los dispositivos sensores al sistema de procesamiento de información (capa de middleware).
- 3) Capa de middleware:** esta capa es responsable de la gestión del servicio y tiene un enlace a la base de datos. Recibe la información de la capa de red y la deposita en la base de datos. Realiza el procesamiento de información y la computación ubicua, toma decisiones automáticas en función de los resultados.
- 4) Capa de aplicación:** esta capa proporciona una administración global de la aplicación basada en la información de los objetos procesados en la capa de middleware.
- 5) Capa de negocio:** esta capa es responsable de la administración del sistema general de IoT, incluidas las aplicaciones y los servicios. Construye modelos de negocio, gráficos, diagramas de flujo, etc. en función de los datos recibidos de la capa de aplicación. El verdadero éxito de la tecnología IoT también depende de los buenos modelos de negocio. Con base en el análisis de resultados, esta capa ayudará a determinar las acciones futuras y las estrategias comerciales. El detalle de estas capas aplicadas al desarrollo del proyecto MAPHI, se encuentra descrito en Gesto *et al.* (2020).



Características del agua para la producción

La BAC Marambio abastece a su personal de dos fuentes de agua de consumo: (i) nieve derretida durante meses de invierno, principalmente (conductividad eléctrica estandarizada de 0,6-0,7 mS/cm; sólidos totales disueltos de 41-64 mg/l; pH entre 8,0-8,5); y (ii) bombeo desde una laguna cercana durante año redondo y con exclusividad durante los meses cálidos (conductividad eléctrica estandarizada entre 2,3-3,3 mS/cm mayormente debida a la presencia de sulfatos; sólidos totales disueltos de 1.420-2.200 mg/l; pH entre 7,2-8,7;). Estas mismas fuentes de agua fueron las utilizadas para la producción hidropónica, en una proporción de 75 % agua de laguna y 25 % agua de nieve derretida. La conductividad eléctrica del agua y la cantidad de sólidos disueltos fue medida *in situ* con una sonda multiparámetro SPER SCIENTIFIC WaterMeasurement Kit y sus diferentes sensores específicos.

Solución nutritiva

La solución nutritiva formulada siguiendo la propuesta por Resch (1990) para lechuga. El aporte de nutrientes (en ppm) fue: nitratos 165,1; fosfatos 73,0; potasio 210,2; calcio 191,7; magnesio 50,0; sulfatos 67,9; hierro 5; manganeso 0,5; cobre 0,1; zinc 0,1; boro 0,5 y molibdeno 0,02. Los fertilizantes utilizados para lograr estos aportes fueron: nitrato de calcio, nitrato de magnesio, nitrato de potasio, sulfato de cobre, mix de micronutrientes comercial, hierro EDTHA, calcio en solución líquida, boro

en solución líquida y manganeso en solución líquida. Se realizaron controles semanales de la conductividad eléctrica y pH de la solución nutritiva y se trató de trabajar dentro de un rango final de conductividad de entre 2,4 mS/cm hasta un máximo de 3,0 mS/cm durante todo el ciclo de cultivo, realizando correcciones de esta cuando los controles daban valores por fuera de estos rangos.

Proceso productivo para obtención de las plantas

El proceso productivo se simplificó con el objetivo de hacerlo accesible al personal de la base y con una demanda de cuatro horas semanales de trabajo (un solo operario). El ciclo de cultivo es de 30 días para plantas de ciclo completo y de 15 días para microgreens. En el ciclo completo se necesitan dos etapas bien definidas. La primera etapa es la siembra de las semillas en cubos de espuma fenólica, la cual se realizará con al menos dos semillas de la especie para cultivar, que se depositan directamente en la perforación del cubo, el cual se encuentra contenido por una bandeja plástica que retiene el agua (o la solución) necesaria para la germinación. El sistema de riego de estas bandejas es por capilaridad, con una autonomía aproximada de 48 horas. Una vez que la planta emerge, el agua es reemplazada por solución nutritiva hasta que se cumplen 15 días de la siembra, momento en el cual inicia la etapa dos del ciclo, el trasplante. El trasplante se hace directamente a las canastillas de los cajones de producción, aprovechando

el troquelado de los cubos, que facilita su extracción. Las plantas trasplantadas en los cajones de producción pasan 15 días más en ese lugar para luego ser cosechadas para consumo. El proceso de producción de los microgreens es más corto (15 días para su consumo), sin necesidad de trasplante.

Por normas ambientales del Tratado Antártico, al finalizar tres ciclos del cultivo, el sistema de producción se "resetea" mediante una limpieza y desinfección de todos sus componentes, con un desinfectante clorado o con base en alcohol isopropílico.

Especies en producción y método de muestreo

Las especies cultivadas fueron seleccionadas por su baja adaptación al frío, a fin de extremar las precauciones en caso de una eventual diseminación accidental de semillas. Se utilizaron, para la primera producción del proyecto, lechuga (*Lactuca sativa*, variedad Grand Rapid), rúcula (*Eruca sativa*) y perejil (*Petroselinum crispum*).

La primera cosecha se realizó a los 30 días de iniciado el cultivo. En ese momento, de cada especie se tomaron al azar una planta por cajón, en cada uno de los niveles productivos, obteniendo así un total de 12 repeticiones por nivel. De cada planta muestreada se obtuvo el peso en fresco de la parte aérea y de la raíz. Posteriormente, cada planta muestreada se llevó a secar en estufa por 72 h para obtener el peso seco.

La producción total en fresco del módulo se obtuvo de multiplicar el peso medio aéreo/planta por la cantidad de plantas en un cajón (4), la cantidad de cajones en cada nivel (12) y cada uno de los niveles productivos, que eran 5 en total: 3 niveles para lechuga y 2 niveles para rúcula.

RESULTADOS

Variables ambientales durante el período de producción

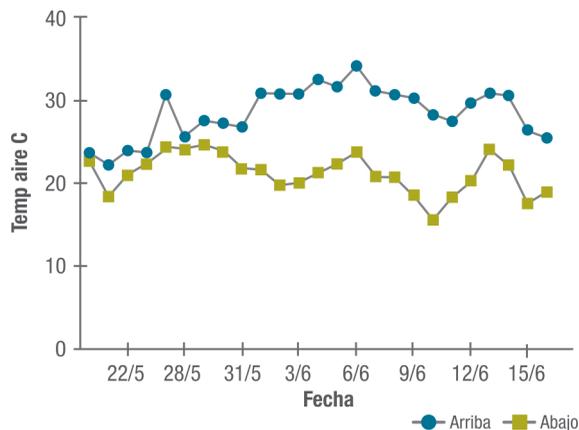
Promediando la información de los cuatro sensores ubicados en el módulo, se obtuvo una temperatura media del aire de 24,9 °C a lo largo del ciclo productivo comprendido entre el 20 de mayo y el 16 de junio de 2022. Asimismo, se detectó una diferencia de temperatura entre los niveles inferiores y superiores del módulo (figura 2), con una temperatura promedio de 21,2 y 28,6 °C para los ni-

veles de abajo y arriba, respectivamente. En los niveles inferiores de producción la temperatura osciló entre 16 y 25 °C, mientras que en los niveles superiores estuvo entre los 23 y 34 °C (figura 2).

En general, la conductividad eléctrica de la solución varió entre 2,34 y 2,55 mS.cm⁻¹, mostrando en una única oportunidad valores inferiores del orden del 1,44 (figura 3A). El valor promedio de

pH de la solución a lo largo del ciclo productivo fue de 6,7 con valores mínimos y máximos de 6,3 y 7,2, respectivamente (figura 3B). Con respecto a la temperatura de la solución, esta osciló entre 17 y 22 °C (figura 3C), mientras que el oxígeno disuelto varió entre 6,3 y 9 mg/L durante el ciclo de producción (figura 3D). Por su parte, el promedio de luz PAR incidente en cada uno de los niveles fue de 556, 513 y 520 $\mu\text{moles m}^2 \text{s}^{-1}$ para los niveles 1, 2 y 3, respectivamente.

Figura 2. Temperatura media diaria del aire en el interior del módulo durante el ciclo productivo, obtenida mediante cuatro sensores que miden cada dos horas: dos ubicados en el nivel superior de producción (arriba) y dos en los niveles inferiores (abajo). Módulo de producción realizado en un contenedor marítimo en BAC Marambio, Antártida Argentina.



Monitoreo a distancia mediante tecnología IoT

La tecnología IoT instalada permite controlar a distancia distintas variables del módulo en tiempo real (figura 4). En la parte superior derecha se observan dos imágenes tomadas por cámaras de alta definición que da idea general del estado actual del cultivo y que permite su seguimiento. Por debajo de estas imágenes, se observan las condiciones climáticas externas (temperatura exterior, sensación térmica exterior, porcentaje de humedad, presión atmosférica

Figura 3. Monitoreo de los parámetros de A) conductividad eléctrica, B) pH, C) temperatura y D) cantidad de oxígeno disuelto en la solución nutritiva utilizada para la producción de lechuga y rúcula en un módulo antártico de producción hidropónica ubicado en la Base Marambio de la Antártida Argentina.

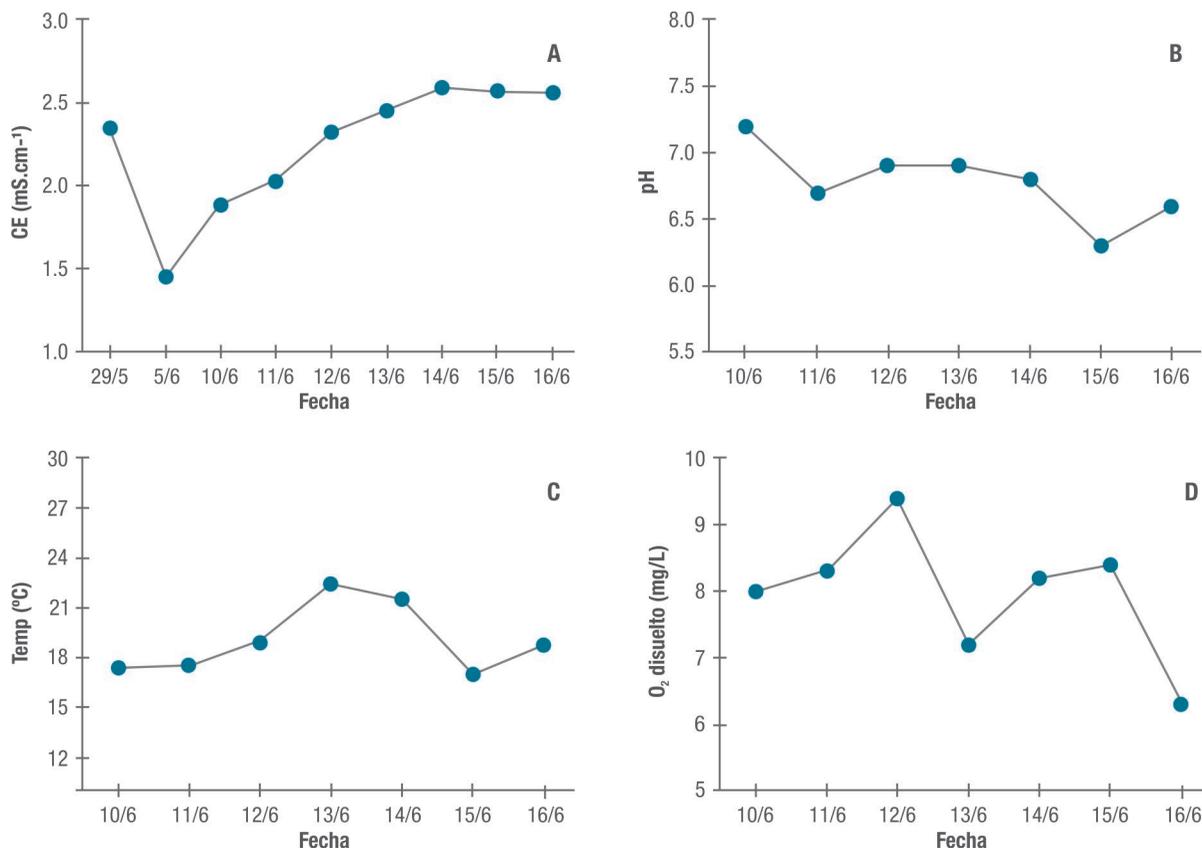


Figura 4. Captura de pantalla del panel de control y Monitoreo que se genera a partir de la tecnología IoT instalada. Se pueden observar distintos parámetros como ser temperatura del aire exterior, interior, humedad relativa, estado general del cultivo (mediante cámaras de alta definición), nivel de los tanques de agua y solución nutritiva, estado Ok de los sensores de iluminación, derrame, humo y llama, y por debajo el consumo eléctrico histórico del módulo en su conjunto.



y velocidad de viento). Seguidamente, abajo, en el lado izquierdo, se pueden ver en distintos colores el estado actual de la temperatura en cada uno de los niveles productivos del interior del módulo. El color del cuadro verde indica que la temperatura está normal, mientras que, si aparece en color amarillo, indica que la temperatura está próxima a superar el nivel óptimo y el color naranja o rojo indican que la temperatura está por encima del nivel óptimo para el cultivo. A continuación de estos cuadros, pero del lado derecho, se puede observar la humedad relativa en cada uno de los niveles de producción. Por debajo de los cuadros de temperatura y humedad, la pantalla muestra las gráficas históricas de temperatura (izquierda) y humedad relativa (derecha), respectivamente. A continuación de estos gráficos se observan datos con respecto a la solución nutritiva. A la izquierda está la cantidad de solución que está entregando la bomba en tiempo real (relojes) mediante los niveles de los caudalímetros de cada uno de los tanques y los niveles históricos (gráfico de barras en naranja). A su derecha, se observa el porcentaje de agua disponible en el tanque de agua y en el tanque de la solución nutritiva, la temperatura de la solución nutritiva en el tanque y por debajo de estos se visualizan botones que indican la información brindada por los sensores de iluminación, derrame, humo y llama

(figura 4). Por último, en la parte inferior de la pantalla, el gráfico indica el consumo eléctrico histórico del módulo de Producción.

Producción de verdura

El módulo productivo en su carga máxima de los cajones hidropónicos fue capaz de producir un total de 144 plantas de lechuga y 96 plantas de rúcula, no registrándose ninguna pérdida por mortandad en las plantas trasplantadas a los cajones. El peso fresco medio por planta fue de 108,2 y 45,4 gramos para lechuga y rúcula, respectivamente (figura 5A). Asimismo, la producción total del módulo para la primera cosecha fue de 15,6 kg de lechuga y 4,4 kg de rúcula en fresco (figura 5B). En promedio, las plantas de lechuga contenían un 94,7 % de humedad mientras que las rúculas presentaron un 90,2%. En cuanto a la producción de raíces, en promedio las lechugas presentaron un peso fresco de 23,9 gramos (± 9) mientras que las rúculas tuvieron un peso fresco de 14,9 g (± 5), obteniendo una relación raíz/tallo de 0,24 y 0,39 para lechuga y rúcula, respectivamente.

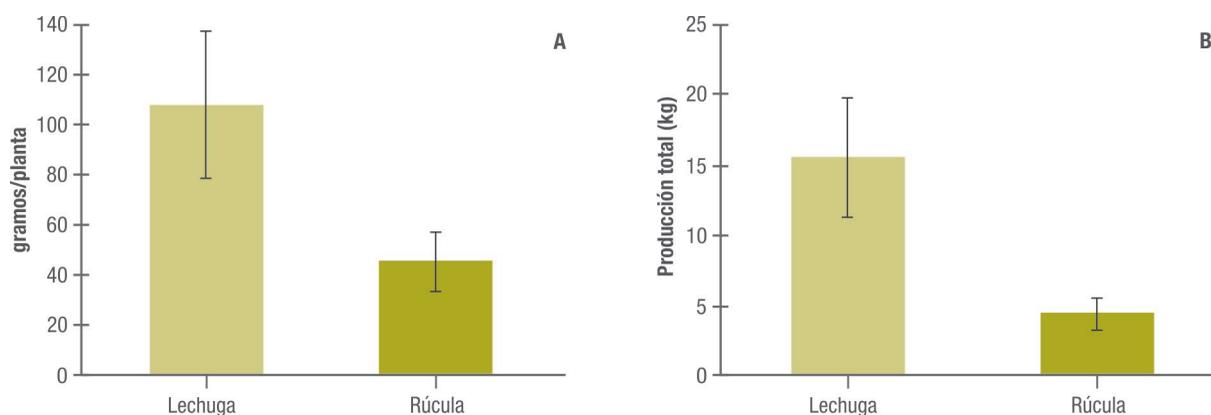
CONCLUSIONES

En el presente trabajo se presentó una detallada descripción del Módulo Antár-

tico de Producción Hidropónica, primer sistema de producción de verduras instalado en la Antártida argentina.

Luego de 7 años desde los inicios del proyecto MAPHI, el módulo logró producir 15,6 kg de lechuga fresca y 4,4 kg de rúcula, cantidad de verdura que alcanzó para abastecer a toda la dotación de la BAC Marambio, obteniendo incluso algunos sobrantes para almacenamiento. Los valores de producción obtenidos, como así también de las variables ambientales monitoreadas, se encontraron en el rango de lo informado como óptimo para el cultivo de lechuga (Resh, 1997), lo que indica que la producción logró efectuarse con resultados favorables en un medio totalmente controlado y con los cuidados necesarios según lo exigido en el Protocolo de Protección del Ambiente del Tratado Antártico. Es importante mencionar, que según datos informados por Bimsey *et al.* (2015), de los 9 países que actualmente realizan producción de cultivos en la Antártida, solo cuatro de ellos (Australia, Corea, Estados Unidos y Alemania) lo hacen en condiciones *indoor* (lo que permite tener verduras frescas todo el año) y a una escala tal que permite abastecer a la dotación que permanece en el invierno. En este sentido, se destaca que la Argentina se suma con el proyecto MAPHI a la lista de los pocos países que pueden garantizar una mejor calidad de

Figura 5. A) Peso medio aéreo de las plantas de lechuga y rúcula al momento de la cosecha (30 días posteriores a la siembra), realizado en la BAC Marambio (Antártida Argentina), mediante un sistema hidropónico indoor en un contenedor marítimo con luces artificiales. B) Producción total en fresco obtenido en el módulo completo de producción, contabilizando 3 niveles productivos para lechuga y dos niveles para rúcula.



vida a sus dotaciones a través de una mejora en la alimentación mediante la incorporación de verduras frescas, y de los beneficios psicológicos de tener un espacio de contacto con plantas. Es importante destacar también que, luego del período de instalación y puesta en marcha del módulo, se logró capacitar al personal de la dotación para el manejo de este por lo que hoy está siendo operado por personal de la base. Creemos que el presente proyecto demuestra un gran aporte de tecnología aplicada en un lugar ambientalmente extremo, que contribuye en gran medida a mejorar la calidad de vida del personal destinado a trabajar en las bases antárticas, aportando de manera fundamental para garantizar la Soberanía Alimentaria en todo el territorio nacional.

BIBLIOGRAFÍA

BAMSEY, M.T.; ZABEL, P.; ZEIDLER, C.; GYIMESI, D.; SCHUBERT, D.; KOHLBERG, E.; GRAHAM, T. (2015). Review of Antarctic greenhouses and plant production facilities: A historical account of food plants on the ice. 45th International Conference on Environmental Systems.

GESTO, E.; HALLAR, K.; GONZÁLEZ, L.; SOFÍA, O.; BIRGI, J.; LAGUIÁ, D.; GARGAGLIONE, V.; PERI, P.L.; ARAUJO PRADO, C. (2020). Avances en el desarrollo de un sistema de Monitoreo y Control de un Módulo de Producción de Cultivos Hidropónicos para regiones de latitudes elevadas. Actas de las 49 Jornadas Argentinas de Informática, Modalidad Virtual, 69-82 pp.

HAEUPLIK-MEUSBURGER, S.; PATERSON, C.; SCHUBERT, D.; ZABEL, P. (2013). Greenhouses and their humanizing synergies. Acta Astronáutica, Vol. 96. 138-150 pp.

PARSONS, R.; ULRICH, R.S.; TASSINARY, L.G. (1994). Experimental approaches to the study of people-plant relationships. Journal of Home and Consumer Horticulture, 1(4), 347-372.

PATHAK, R.C.; GANGADHARA, R.S. (1994) Some constructional, environmental control and plant growth aspects of green house at Indian Antarctic station 'Maitri'. Scientific Report: Ninth Indian Expedition to Antarctica, Department of Ocean Development, Vol. 6. 299-311 pp.

RESH, H.M.; (1990). Hydroponic home food gardens. En: RESH, H.M. (ed.). Cultivos hidropónicos: nuevas técnicas de producción Santa Bárbara C.A, Woodbridge, Ediciones Mundi-Prensa.

RESH, H.M. (1997). Cultivos hidropónicos. Nuevas técnicas de producción. Ediciones Mundi Prensa, Madrid, Barcelona México. 509 pp.

TRATADO ANTÁRTICO. (1991). Protocolo de protección Ambiental del Tratado Antártico. Madrid, España.

ULRICH, R.S.; PARSONS, R. (1992). Influences of passive experiences with plants on individual well-being and health. The role of horticulture in human well-being and social development, 93-105.

