

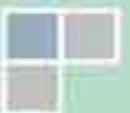
2011

Universidad FASTA
Facultad de Cs. Médicas
Licenciatura en Nutrición

Contenido de nitratos, oxalatos, vitamina C y grado de aceptación en Cultivo sin suelo de espinaca vs. Cultivo en suelo



Autora: Natalia Errecart
Tutora: Lic. Ivonne Corti
Co-tutora: Ing. Agr. Mónica Duplancic
Departamento de Metodología de la Investigación



*“Detrás de cada línea de llegada hay una de partida.
Detrás de cada logro, hay un desafío.”*

Madre Teresa de Calcuta

*El siguiente trabajo lo dedico
especialmente a mis padres,
a mis hermanas,
y a mi novio.*

Agradecimientos:

- ◆ A mi mamá María Elena y mi papá Ricardo por darme la posibilidad de estudiar esta carrera y apoyarme en todo momento.
- ◆ A mis hermanas, Marina y Florencia, por compartir el trascurso de estos años de estudio acompañándome día a día.
- ◆ A mis tíos, María Inés y Gabriel y a mi primo Martín, por su inmensa predisposición y colaboración para poder llevar a cabo este trabajo.
- ◆ A mi novio, Francisco, por su apoyo, paciencia y colaboración.
- ◆ A mi tutora de tesis, Lic. Ivonne Corti, por aceptar la dirección de este trabajo, por su buena predisposición y colaboración.
- ◆ A la Ing. Mónica Duplancic por guiarme en el camino de la hidroponía.
- ◆ A la Dr. Sara Roura por su colaboración y espacio brindado.
- ◆ A Vivian Minnard y Santiago Cueto del departamento de metodología de la Universidad, porque sus correcciones, sugerencias y rigurosidad me guiaron en el desarrollo de este trabajo.
- ◆ A mis amigos de la facultad por tantas horas de estudio compartidas y por brindarme siempre una palabra de aliento.
- ◆ A mis queridas amigas por estar en todo momento y por su inmenso apoyo.
- ◆ A Carmiña, por su amabilidad y colaboración desinteresada.
- ◆ A Liliana y Graciela, encargadas de la cocina de la facultad, por su disposición y buena voluntad.
- ◆ A los alumnos de la carrera Licenciatura en Nutrición por participar en este estudio.
- ◆ A todas las personas que colaboraron y formaron parte de este trabajo.

¡Muchas gracias!

Natalia

Abstract

La presente investigación procura indagar características nutricionales y organolépticas de un alimento, la espinaca, producida mediante técnicas hidropónicas.

El objetivo general de este trabajo es determinar el contenido de nitratos, oxalatos y vitamina C en muestras del alimento obtenido por medio de cultivos hidropónicos y su grado de aceptación. Como objetivos específicos se plantea cuantificar la cantidad de nitratos, oxalatos y vitamina C, comparar los valores cuantificados en la espinaca hidropónica con muestras de cultivo en suelo, investigar sobre el consumo de vegetales de hoja verde de la muestra en estudio, indagar el grado de información acerca de la hidroponía y evaluar el grado de aceptación del cultivo sin suelo a través de su degustación.

Para tal fin, se realiza el cultivo hidropónico de espinaca variedad *Bolero*, mediante la modalidad de raíz en sólido, y el cultivo en suelo de la misma. Luego de la cosecha se llevan a cabo las determinaciones de laboratorio planteadas y la degustación de dos ensaladas, una elaborada con el cultivo sin suelo y la otra de suelo, sin identificarlas.

Los encuestados son 120 estudiantes de la carrera Licenciatura en Nutrición de la Universidad FASTA quienes participan como catadores no entrenados y para lo cual se utiliza una escala hedónica de evaluación.

Además, se evalúa el grado de coincidencia con respecto a la calificación de los atributos organolépticos del producto entre dos expertos en técnica dietética.

El análisis de datos muestra que en el caso del contenido de nitratos es mayor el valor encontrado en la espinaca cultivada en suelo. El contenido de ácido oxálico se puede observar superior en la espinaca hidropónica. En el caso de la vitamina C, no hay diferencias significativas en su contenido entre las plantas de tierra e hidroponía, pero sí respecto del día, ya que el día de cosecha se obtienen los mayores valores de ácido ascórbico.

En cuanto al análisis sensorial, para los caracteres sabor, aroma y textura la Preparación 1, que es la que contiene espinaca hidropónica, obtiene los mejores valores promedio y un elevado nivel de aceptación entre los participantes.

Los resultados obtenidos posicionan a la espinaca hidropónica como una alternativa saludable y de gran aceptación entre potenciales consumidores.

Palabras claves: hidroponía; espinaca; nitratos; oxalatos; vitamina C; propiedades organolépticas; aceptación.

Abstract

Title: Soil and soilless spinach culture: nitrate, oxalate and vitamin C content and level of acceptability.

This research work seeks to explore the nutritional and organoleptic features of spinach produced by the use of hydroponic techniques.

Objectives: General: To determine the content of nitrates, oxalates and vitamin C in samples of this food obtained by hydroponic techniques, and their degree of acceptability. Specific: To quantify the amount of nitrates, oxalates and vitamin C; to compare these values in hydroponic spinach with those obtained from samples cultivated in soil; to investigate the current consumption of usual green vegetables; to search information about hydroponics; to evaluate acceptability of this vegetable through taste perception.

Hydroponic cultivation of the spinach variety “Bolero” was carried out by two procedures: cultivation of root in a solid medium and its cultivation in soil. After harvest, laboratory determinations were performed as well as taste perceptions of two salads, without being identified (a hydroponic and a regular soil culture one).

Respondents were 120 students in the Nutrition course at FASTA University, Mar del Plata, Argentina, who participated in the survey as untrained tasters; a hedonic scale was used for evaluation.

In addition, agreement regarding the assessment of sensory attributes of the product was evaluated by two experts in dietetics.

Data analysis indicated that nitrate content was higher in soil cultured spinach, but oxalic acid content was higher in hydroponic spinach. In the case of vitamin C, no significant differences were registered in the products, but harvesting day was important since that day higher values of ascorbic acid were obtained in both samples.

As for the sensory analyses for flavour, aroma and texture, Preparation 1, with hydroponic spinach, registered the highest mean values and a significant acceptance among participants.

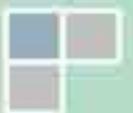
Results in this work position hydroponic spinach as a healthy alternative, widely accepted by potential consumers.

Keywords: hydroponics – spinach – nitrates – oxalates – vitamin C – organoleptic features – acceptance

Índice

Introducción	1
Capítulo N° 1	
“La hidroponía ayer y hoy”	7
Capítulo N° 2	
“De la semilla al plato”	21
Capítulo N° 3	
“Alimentos hidropónicos”	33
Diseño metodológico	51
Análisis de datos	66
Conclusiones	83
Bibliografía	90
Anexo	95

Introducción



La hidroponía es la ciencia que se ocupa del cultivo de plantas sin uso de tierra, para esto es necesario un medio de cultivo inerte, que puede ser arena gruesa o aserrín entre otros, y luego suministrar a éste los elementos requeridos por los vegetales para su crecimiento.¹ En los sistemas hidropónicos las raíces son humedecidas constantemente con la correspondiente solución acuosa, provista de cantidades adecuadas de los nutrientes minerales para el desarrollo de las plantas.²

Los cultivos sin suelo surgen como una alternativa a la agricultura tradicional, cuyos objetivos no sólo son obtener alimentos de calidad en un corto período de tiempo, con costos de producción reducidos, sino también eliminar o minimizar los factores limitantes del crecimiento vegetal que se relacionan con las propiedades del suelo, utilizando soportes de cultivo y técnicas de fertilización alternativas.³

Los vegetales que pueden obtenerse utilizando estas técnicas son numerosos: hortalizas como acelga, apio, arvejas, berenjena, brócoli, cebolla, cebollín, coliflor, espinaca, lechuga, nabo blanco, pepino, puerro, remolacha, repollo, tomate, zanahoria; también es posible producir frutas como frutillas, melón y sandía y aromáticas como cilantro, perejil, tomillo y plantas ornamentales.⁴

La producción mediante técnicas hidropónicas puede llevarse a cabo en forma simplificada en el hogar aprovechando espacios como patios, balcones y terrazas, en forma sencilla, limpia y de bajo costo para producir vegetales de rápido crecimiento y ricos en elementos nutritivos que forman parte o no de la alimentación diaria. Al ser una técnica de agricultura a pequeña escala se utilizan recursos de fácil acceso para las personas: maderas o cajones de madera, clavos, plástico, manguera, herramientas como martillo, serrucho y cinta métrica. En cuanto a la solución nutritiva, puede ser preparada por los propios horticultores si cuentan con experiencia o adquirirse en forma comercial.

Al mismo tiempo, este método se presenta como una actividad que implica un importante aporte a la alimentación humana especialmente en lugares pequeños, esto queda demostrado con su incorporación en países como Japón, Israel, Holanda e Inglaterra. Otros países donde se desarrolla pero a menor escala son Australia, Nueva Zelanda y en América, Estados Unidos, Brasil, Perú, Colombia y Venezuela.⁵

¹ Barbado, José L., **Hidroponía. Su empresa de cultivos en agua**; Ed. Albatros, Argentina, 2005, p. 10

² Nebell Bernard J., Wright Richard T., **Ecología y desarrollo sostenible**; Ed. Pearson Educación, 1999, Sexta edición, p. 215

³ Véase en: <http://www.tecnociencia.es/especiales/cultivos-hidroponicos>

⁴ Castañeda, Francisco; **Hidroponía Popular. Cultivos sin tierra**; INCAP/OPS, 1997, p.35 y 37

⁵ Resh, H.M., **Cultivos hidropónicos. Nuevas técnicas de producción**; Ed. Mundi Prensa, 2001

En Argentina las técnicas hidropónicas no se practican a gran escala, pero tienden a afirmarse con el resultado de productos de calidad y rentabilidad que llaman la atención de muchos productores. Podemos citar como ejemplo la firma Hidroponía S.A., que comercializa lechuga con la marca Acqua Green en seis cadenas de supermercados. El campo de producción se encuentra en General Rodríguez, allí se obtienen más de 500.000 plantas por hectárea, cifra ampliamente superior a la que arrojan los cultivos convencionales con un promedio de 80.000 plantas por hectárea. Además, producen distintas variedades de aromáticas como albahaca verde y roja, ciboulette, rúcula, berro, puerro, verdeo, tomate y espinaca.⁶

Por otro lado, sobre el arroyo Espera, cerca de la Estación Fluvial de Tigre, se encuentra el único vivero de cultivos hidropónicos del Delta, una verdadera "verdulería hidropónica", donde se cultivan variedades de lechuga, rúcula, radicheta, espinaca, cebollín, ciboulette, chiles picantes, ajíes dulces, tomates cherry, berenjenas, perejil gigante, albahaca, rabanitos, berros de agua, frutillas, entre otros. Allí se realizan visitas guiadas y se dicta un curso de hidroponía hogareña.⁷

Es importante destacar que el INTA⁸ se encuentra estudiando el desempeño de técnicas alternativas al Bromuro de metilo⁹ entre las que se encuentra la hidroponía.¹⁰

El incremento de las cosechas de cultivos sin tierra a lo largo del mundo se debe a las numerosas ventajas que presenta el sistema entre las que se pueden destacar: nutrición vegetal controlada y homogénea para todas las plantas; control natural de las enfermedades de los cultivos sin utilizar agro-tóxicos; ausencia de insectos y animales en el medio de cultivo; no es necesaria la rotación de cultivos; utilización de agua potable y nutrientes

⁶ Cobello L, Camina sobre el agua; **Diario Clarín**, Argentina, 2001, en: <http://edant.clarin.com/suplementos/rural/2001/05/12/r-00411.htm>

⁷ Véase en <http://www.viatigre.com.ar/tigre/delta/paseos-y-excursiones/78/Vivero-Hidroponico-Villa-Monica>

⁸ Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, organismo creado en 1956 en Argentina, con el propósito de impulsar y vigorizar el desarrollo de la investigación y extensión agropecuarias. Depende de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos (SAGPyA), con autarquía operativa y financiera.

⁹ Bromuro de metilo: fungicida/herbicida/insecticida altamente tóxico y el segundo más usado en el mundo. Se emplea principalmente como fumigante de suelos en la producción de cultivos de "alto valor" tales como tomates, pimientos, frutillas, tabaco y flores, destinados al consumo interno y a la exportación. Provoca serias repercusiones sobre el ambiente debido a que, después de su aplicación, pasa a las capas superiores de la atmósfera, donde daña la capa de ozono la que bloquea la trayectoria de los rayos ultravioleta (UV), impidiéndoles la llegada a la superficie de la tierra. En una evaluación científica realizada en 1994, la Organización Meteorológica Mundial concluyó que la puesta fuera de circulación del bromuro de metilo era la medida individual más importante que los gobiernos debían tomar para proteger la capa de ozono.

¹⁰ Szczesny, A., Valerio, A., **Sobre el bromuro de metilo y su eliminación**, en: <http://www.inta.gov.ar/info/documentos/agric/hortic/brometilo.htm>

balanceados; en condiciones adecuadas de iluminación se puede conseguir un adelanto en la maduración; la producción por m² es mayor a la de los cultivos en suelo; no se requieren grandes espacios para su práctica; no produce contaminación ambiental ni erosión de suelos; al no poseer contaminación microbológica se puede asegurar la inocuidad para la salud; excelente calidad y alto valor nutritivo de los alimentos, por ejemplo, ensayos con tomate han demostrado mayor contenido en vitamina A en los tomates hidropónicos en comparación a los cultivos en suelo.¹¹

La espinaca, *Spinacia oleracea*, es una de las hortalizas que puede producirse mediante hidroponía. Esta planta anual posee hojas comestibles, grandes y de color verde muy oscuro, su cultivo se realiza durante todo el año y se puede consumir de diversas formas: fresca, hervida, al vapor, frita, sola o en preparaciones como ensaladas, guisos, budines, rellenos, sopas, etc. Además, es posible adquirirla en forma congelada. En cuanto a su valor nutricional, posee un 3 % de hidratos de carbono, el contenido de proteínas y lípidos oscila en un 1 %¹² y aporta 469 µg % de vitamina A, 2 mg % de vitamina E, 2,7 mg % de hierro no hemínico,¹³ yodo y varios antioxidantes.

Por otro lado, los cultivos de hoja como la espinaca y la lechuga generalmente presentan elevadas concentraciones de nitratos, entre 800 y 3000 mg/kg. Estos compuestos están presentes en el medio ambiente de forma natural como consecuencia del ciclo del nitrógeno, siendo la principal fuente de exposición humana a nitratos el consumo de verduras y hortalizas, y en menor medida, el agua de bebida y otros alimentos. El nitrato en sí es relativamente poco tóxico, su toxicidad viene determinada por su conversión a nitrito y esto puede ocurrir por reducción bacteriana tanto en los alimentos durante el procesado y el almacenamiento, como en el propio organismo en la saliva y el tracto gastrointestinal. Los nitritos en sangre oxidan el hierro de la hemoglobina produciendo metahemoglobinemia, incapaz de transportar el oxígeno, complicación muy frecuente en bebés y conocida como “Síndrome del bebé azul”. Además, los nitratos reaccionan con los aminoácidos de los alimentos en el estómago, produciendo nitrosaminas y nitrosamidas, sustancias que podrían tener efectos cancerígenos.¹⁴ Para valorar el riesgo de formación de nitrosaminas y nitrosamidas, se ha de tener en cuenta la presencia de inhibidores o potenciadores de las

¹¹ Barbado José L., Ob.cit., p. 5

¹² Aranceta Bartrina J., **Frutas, verduras y salud**; Ed. Masson, España, 2006, p.114-119

¹³ El hierro no hemínico es de baja biodisponibilidad, su absorción está condicionada por la interacción de diferentes nutrientes y puede variar entre 2 y 8%.

¹⁴ Alexander J. et al., Nitrate in vegetables. Scientific Opinion of the Panel on Contaminants in the Food chain, **The EFSA (European Food Safety Authority) Journal**, 2008, vol. 689, p.1-79, en: http://www.efsa.europa.eu/EFSA/Scientific_Opinion/contam_ej_689_nitrate_en.pdf

reacciones de nitrosación. Entre los primeros inhibidores de estas reacciones se encuentran las vitaminas C y E que son activas tanto en los alimentos como en el organismo.¹⁵

La espinaca también es un alimento con un elevado contenido de ácido oxálico, 750 mg %, ¹⁶ el inhibidor más potente de la absorción del calcio, ya que forma con éste oxalato de calcio, que es un compuesto insoluble.¹⁷ Como consecuencia de una ingesta elevada de oxalatos puede incrementarse significativamente el oxalato urinario y, por consiguiente, la potencial formación de cálculos de oxalato de calcio.¹⁸ A su vez, los oxalatos poseen la capacidad de formar compuestos insolubles con el hierro no hemínico, reduciendo de esta manera su absorción.

Estudios como el de Carrasco G. y colaboradores,¹⁹ y el de Conesa E. y colaboradores,²⁰ demuestran la disminución en el contenido de nitratos y oxalatos en cultivos hidropónicos de lechuga y de espinaca y colleja²¹ respectivamente.

Ante lo expuesto el problema de investigación planteado es:

¿Cuál es el contenido de nitratos, oxalatos y vitamina C y el grado de aceptación de la espinaca obtenida por medio de cultivos hidropónicos?

El objetivo general es:

- Determinar el contenido de nitratos, oxalatos y vitamina C de la espinaca obtenida por medio de cultivos hidropónicos y su grado de aceptación.

¹⁵ Fundación vasca para la seguridad alimentaria, Nitratos y nitritos en la alimentación humana, **Documento de la Fundación vasca para la seguridad alimentaria**, 2006, p. 4, véase en: <http://www.elika.net/datos/riesgos/Archivo15/nitratos%20y%20nitritos%20en%20hortalizas%20hoja%20Verde%202006.pdf>

¹⁶ Torresani M.E., Somoza M.I., **Lineamientos para el cuidado nutricional**, Ed. Eudeba, Argentina, 2003, p. 582

¹⁷ López L., Suárez M. M., **Fundamentos de nutrición normal**, Ed. El Ateneo, Argentina, 2003, p. 245

¹⁸ Massey, L. K., et al., Effect of Dietary Oxalate and Calcium on Urinary Oxalate and Risk of Formation of Calcium Oxalate Kidney Stones, **Journal of the American Dietetic Association**, vol. 93, p. 901-906, 1993

¹⁹ Carrasco G. y col., Contenido de nitratos en lechugas cultivadas en sistemas hidropónicos, IDESIA, **Publicación científica de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Tarapacá, Chile**; 2006; vol. 24, p. 25-30, en: http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-34292006000100005&script=sci_arttext

²⁰ Conesa E. y col., The influence of nitrate/ammonium ratio on yield quality and nitrate, oxalate and vitamin C content of baby leaf spinach and bladder campion plants grown in a floating system, **International Symposium on Soilless Culture and Hydroponics, Acta Horticulturae**; vol. 843, en: http://www.actahort.org/books/843/843_35.htm

²¹ La colleja es una de las plantas nutricias autóctonas por excelencia en toda la región del Mediterráneo europeo, pudiendo consumirse las hojas y los tallos tiernos, incluso en crudo.

Los objetivos específicos son:

- Cuantificar la cantidad de nitratos, oxalatos y vitamina C en muestras de espinaca hidropónica.
- Comparar los valores de nitratos, oxalatos y vitamina C cuantificados en la espinaca hidropónica con muestras de espinaca cultivada en suelo.
- Investigar sobre el consumo de vegetales de hoja verde de la población en estudio.
- Indagar el grado de información de la población en estudio acerca de la hidroponía y sus características.
- Evaluar el grado de aceptación de la espinaca obtenida a través de su degustación.

Capítulo N°1

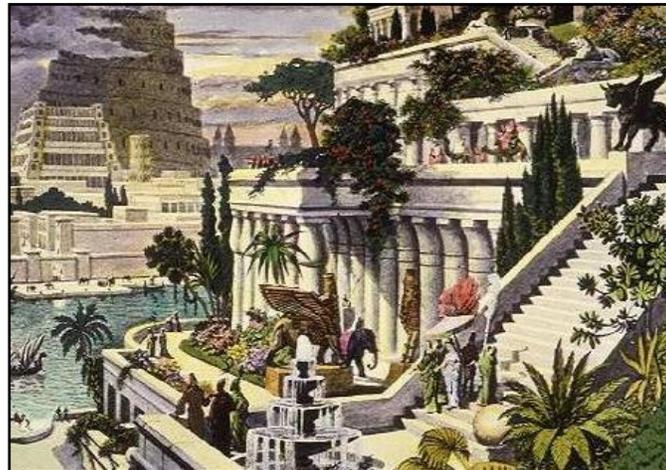
La hidroponía ayer y hoy



La palabra hidroponía deriva del griego hydro (agua) y ponos (labor o trabajo) por lo que su significado es “trabajar en el agua”.¹ Esta ciencia, que tiene por objetivo el desarrollo y estudio de cultivos sin usar tierra, se desarrolla a partir de los descubrimientos realizados luego de experiencias para determinar qué sustancias hacen crecer a las plantas y su composición. Estos trabajos comienzan hacia el año 1600 pero, sin embargo, las técnicas hidropónicas son utilizadas mucho tiempo antes de esto.²

Antiguamente, varias civilizaciones desarrollaron sistemas de cultivo en agua que les sirvieron como medio de subsistencia. Así, por ejemplo, los Jardines Colgantes de Babilonia del siglo VI a.C., que fueron construidos por el rey Nabucodonosor II para complacer a su esposa Amytis, son considerados hoy una de Las Siete Maravillas del Mundo y además el primer cultivo hidropónico del que la humanidad tenga conocimiento ya que se alimentaban del agua que fluía por canales.³

Imagen N° 1: Jardines colgantes de Babilonia.



Fuente: <http://www.corazonverdecr.com/historia.htm>

Los historiadores comienzan el rastreo de información útil para el desarrollo de las ciencias agrícolas desde la primitiva teoría atómica de Demócrito (460-360 a.C.) y el concepto de materia de Aristóteles (384-322 a.C.) en la antigua Grecia. Inconscientemente, los seres humanos, en busca de su propio beneficio, comienzan por aquellos tiempos a mejorar las condiciones naturales para el crecimiento de las plantas. El mismo Aristóteles y

¹ Alpizar Antillón, Laura, **Hidroponía. Cultivos sin tierra**, Ed. Tecnológica de Costa Rica, 2006, p. 14

² Resh H.M., **Cultivos hidropónicos. Nuevas técnicas de producción**; Ed. Mundi Prensa, 2001, p.31

³ Véase en: <http://www.corazonverdecr.com/historia.htm>

su discípulo Teofrasto (372-287 a.C.) llevan a cabo varios ensayos en nutrición vegetal y expresan sus ideas sobre el control del crecimiento y los factores que lo inducen. Este último llega a proponer algunas “curas” para mejorar los cultivos. Además, los estudios botánicos del médico, farmacólogo y botánico Dioscórides datan del siglo I a. C.⁴

Luego los aztecas construyen jardines flotantes llamados chinampas⁵ en el lago de Tenochtitlán en la actual Ciudad de México, y cultivan maíz en barcos o barcazas con un entramado de pajas. Estas se llenan con lodo extraído del fondo poco profundo del lago, rico en materiales orgánicos que suministra los nutrientes requeridos por las plantas; las raíces traspasan el fondo de la balsa y extraen directamente del lago el agua necesaria para su desarrollo. Entre las chinampas hay canales por los cuales fluye el agua. En general, están ubicadas en las partes menos profundas del lecho del lago y los indígenas se mueven entre sus chinampas y los terraplenes de la ciudad en canoas que ellos construyen con árboles ahuecados.⁶ Esta tribu cultiva maíz, porotos, amaranto, tomates y ajíes. Y en algunos casos flores también. A pesar de que luego de la conquista española muchos campos de chinampas son abandonados, hay algunos que todavía permanecen en uso en el lago Xochimilco. Allí existen varios pueblos chinamperos, como San Lorenzo Atemoaya, Santa Cruz Acalpixcan, Santiago Tulyehualco, Santa María Nativitas, San Gregorio y San Luis Tlaxialtemaldo. En estas chinampas actualmente se cultivan lechugas, coles, acelgas, romeros, manzanilla, espinacas, rábanos, remolacha, etc.

Imagen N° 2: Chinampas aztecas I.



Fuente: <http://images.google.com.ar>

Imagen N° 3: Chinampas aztecas II.



Fuente: <http://web.educastur.princast.es>

⁴ Arano, Carlos R., **Hidroponía: algunas páginas de su historia**, en: <http://www.horticom.com/pd/article.php>

⁵ Chinampa: cercado sobre terreno de varas entretrejidas, según el idioma de los indígenas Nahuatl.

⁶ Arano, Carlos R., Ob. cit.

Las técnicas hidropónicas también constituyen una forma de producción en la cultura maya, China, India y el antiguo Egipto, donde hay numerosos jeroglíficos fechados cientos de años antes de Cristo que describen el cultivo de plantas en agua.⁷

La primera noticia científica escrita referida a los constituyentes de las plantas, data del 1600, cuando el químico, fisiólogo y médico belga Jan Van Helmont (1577-1644) demuestra que las plantas obtienen sustancias a partir del agua; para esto planta un tallo de Sauce Llorón en una cantidad medida de tierra seca a la que cubre para evitar el polvo. Después de regarlo durante un período de 5 años, el árbol aumenta su masa en 75 kg, mientras que la tierra disminuye la suya en tan solo 500 gr. De esta forma llega a la conclusión de que las plantas obtienen del agua las sustancias para su crecimiento; no obstante, le falta comprobar que ellas también necesitan dióxido de carbono y oxígeno del aire.

En 1699, el físico inglés John Woodward (1665-1728) cultiva plantas en agua utilizando diversos tipos de suelo. Los resultados de su práctica demuestran que el mayor desarrollo corresponde a aquellas que contienen la mayor cantidad de tierra; y así llega a la conclusión de que el crecimiento de las plantas es producto de ciertas sustancias en el agua obtenidas del suelo, y no simplemente del agua en sí. La identificación de estas sustancias lleva varios años, hasta que son desarrolladas técnicas de investigación más complejas y se avanza en el campo de la química.⁸

En 1792 el científico inglés Joseph Priestley (1733-1804) descubre que las plantas colocadas en una cámara llena de dióxido de carbono absorben gradualmente el dióxido de carbono y emiten oxígeno. Dos años más tarde, Jean Ingen-Housz (1742-1809) demuestra que las plantas en las condiciones anteriores pueden reemplazar el dióxido de carbono por oxígeno luego de varias horas, si la cámara es colocada en un lugar que permita la entrada de la luz solar. Este hecho alude al primer concepto de la fotosíntesis.⁹

En 1804, Nicholas Theodore De Saussure (1767-1845), químico y geólogo suizo, expone el principio de que las plantas están compuestas por elementos químicos que obtienen del suelo, agua y aire. Esto es comprobado un tiempo después por el químico francés Jean Baptiste Boussingault (1802-1887), quien en sus ensayos con plantas cultivadas en arena, cuarzo y carbón vegetal añade una solución química de composición determinada, y puede concluir que el agua es esencial para el crecimiento de las plantas ya

⁷ Véase en: <http://www.corazonverdecr.com/historia.htm>

⁸ Véase en: <http://www.hydroponiconline.com/lessons>

⁹ Resh H.M., Ob. cit., p 32

que les provee hidrógeno, y que la materia seca de los cultivos estaba formada por hidrógeno más carbón y oxígeno que provienen del aire, constatando también que las plantas contienen además de hidrógeno otros elementos naturales.

Años después, se demuestra que las plantas pueden cultivarse en un medio inerte humedecido con una solución acuosa que contenga los minerales que estas requieren. El siguiente paso fue dado por los científicos alemanes Julius Von Sachs (1832-1897) y Wilhelm Knop (1817-1891), alrededor de 1860, eliminando por completo el medio inerte y cultivando las plantas en la solución que contiene dichos minerales. Así prueban que es posible obtener un crecimiento normal de las plantas en agua con nutrientes y que un sustrato sólido no es necesario para que ellas se desarrollen. Esto constituye el origen de la “nutriculture”, y hoy en día se utilizan métodos semejantes en estudios de laboratorios de fisiología y nutrición vegetal.

Las investigaciones anteriores dejan evidenciado el hecho de que se puede conseguir un crecimiento normal de las plantas aportando mediante una solución acuosa de sales de nitrógeno (N), fósforo (P), azufre (F), potasio (K), calcio (Ca) y magnesio (Mg), los cuales se definen en la actualidad como macroelementos o macronutrientes ya que son necesitados en cantidades relativamente grandes.

Mediante posteriores avances en técnicas de laboratorio y química, los investigadores descubren otros siete elementos que las plantas necesitan para su desarrollo pero en cantidades pequeñas y los llaman microelementos o elementos trazas, éstos incluyen el hierro (Fe), cloro (Cl), manganeso (Mn), boro (B), zinc (Zn), cobre (Cu) y molibdeno (Mo).¹⁰

En los años siguientes investigadores como Bernhard Tollens (1882)¹¹, Dennis Hoagland (1919)¹², William Trelease (1933)¹³ y Daniel Amon (1938)¹⁴ trabajan en diversas fórmulas básicas para el estudio de la nutrición vegetal.¹⁵

Con la creciente necesidad de cambiar de tierra con frecuencia para evitar los problemas de estructura, fertilidad y enfermedades del suelo, surge a partir de 1925 el

¹⁰ Resh, H.M., Ob. cit., p. 32

¹¹ Tollens Bernhard C. G. (1841-1918), químico alemán. Trabajó en carbohidratos, describiendo la estructura de varios azúcares y desarrolló el reactivo de Tollens que puede ser usado para discernir si un compuesto es una cetona o un aldehído.

¹² Hoagland Dennis R. (1887-1945), especialista en botánica de la Universidad de California.

¹³ Trelease William (1857-1945), botánico, entomólogo, explorador, escritor, y educador estadounidense. Escribió en 1938 junto a Dennis Hoagland un boletín sobre agricultura en el cual desacreditaban las afirmaciones hechas sobre la hidroponía, argumentando que estos cultivos estaban limitados por distintos factores, en especial por la luz.

¹⁴ Amon Daniel I. (1890-1957), especialista en botánica de la Universidad de California.

¹⁵ González Carcedo, Salvador, **Historia de la Ciencia del suelo. Sexta parte. Edafología y química agrícola**, en: <http://www.weblogs.madrimasd.org/universo>

interés de de la industria de los invernaderos en la aplicación práctica del cultivo en nutrientes para reemplazar el uso de los suelos convencionales. Desde este año y hasta 1935 se intensifican las prácticas y se modifican las técnicas de laboratorio para el cultivo en nutrientes con vistas a la producción a gran escala.¹⁶

A comienzos de los años treinta, el profesor de fisiología vegetal William F. Gericke (1871-1946), de la Universidad de California, llama a la nutricultura hidroponía, es decir, trabajo en agua y extiende sus trabajos de nutrición vegetal a escala comercial. Su trabajo es considerado el fundamento en que se sustentan las distintas formas de las técnicas hidropónicas y por eso es reconocido como el padre de la hidroponía moderna.¹⁷ El sistema expuesto por él está constituido por una cisterna de baja profundidad que soporta la solución nutritiva. Sobre dicho tanque hay un alambre tejido cubierto con una capa de virutas de madera, conjunto que funciona como soporte de las plantas cuyas raíces son colocadas dentro de la solución. La llegada de luz a las raíces y a la solución es excluida por las virutas.¹⁸ Gericke cultiva mediante técnicas sin suelo vegetales como remolacha, rábanos, zanahoria y papas, así como también cereales, frutales y plantas ornamentales y de flor.

Luego de una etapa negativa en la cual se venden equipos para cultivar que eran inutilizables, se efectúan investigaciones más profundas y la hidroponía comienza a ocupar un puesto dentro de la horticultura con una base científica, y así son reconocidas sus dos principales ventajas: los elevados rendimientos en sus cosechas y su posible utilización en las regiones áridas.

Las aplicaciones de los métodos hidropónicos propuestos por el profesor Gericke demuestran su utilidad rápidamente. Durante la Segunda Guerra Mundial permiten a las tropas estacionadas en las islas incultivables Ascensión y Guan del Pacífico obtener alimentos. En 1945, las fuerzas aéreas americanas solucionan su problema para conseguir verduras frescas para sus hombres utilizando cultivos hidropónicos en gran escala en las islas rocosas, donde era prácticamente imposible cultivar.¹⁹ En tres meses obtienen su primera gran cosecha. La Compañía Shell en Aruba, Curazao y la Pan American Airways en la isla de Wake, en el Pacífico hacen otro tanto. Y los ingleses también trabajan en la Guayana británica con producción vegetal.²⁰

¹⁶ Resh H.M., Ob. cit., p. 32

¹⁷ Barbado José L., **Hidroponía. Su empresa de cultivos en agua**; Ed. Albatros, Argentina, 2005, p.10

¹⁸ Arano, Carlos R., Ob. cit.

¹⁹ Resh H.M., Ob. cit., p. 32

²⁰ Arano Carlos R., Ob. cit.

Finalizada la guerra, la armada de los Estados Unidos establece grandes invernaderos en la isla de Chofu en Japón con el objetivo de proveer a sus tropas y también expandirse comercialmente a través del mundo en países como Italia, España, Francia, Inglaterra, Alemania, Suecia, la URSS e Israel.²¹

De aquí en adelante, los estudios y la aplicación de la hidroponía se hacen cada vez más importantes y los acontecimientos técnicos más numerosos. Surgen la Estación Experimental de Nueva Jersey, la Universidad de Purdue y la misma Universidad de California que toman el legado de Gericke. Y en el resto del mundo también los trabajos se acrecientan. A principios de los años 60 se constituye un grupo de trabajo internacional presidido por el Dr. Franz Penningsfeld (1914-2006) de Alemania. Se lo denomina IWOCS, International Working Group on Soilless Culture, y más tarde cambia a ISOCS, International Society of Soilless Culture. Participa de la misma, además del ya mencionado Penningsfeld, Howard M. Resh²² de Canadá, entre otros.

En la década del 70 comienza un nuevo florecer que alcanza hasta nuestros días. En la revista inglesa "The Growers" aparecen los primeros artículos sobre la técnica en la que venían trabajando desde hace tiempo en el Glasshouse Crops Research Institute (GCRI) de Inglaterra. Y surge una tecnología revolucionaria, la Nutrient Film Technique o NFT, que en español se conoce como la técnica de la película nutritiva y que consiste en la recirculación constante de la solución nutritiva en contacto con la parte baja de la raíz mientras la planta es sostenida por medios mecánicos.

Progresivamente, los desarrollos se van multiplicando en todo el mundo. Comienzan a aparecer nuevos métodos, investigaciones, publicaciones, revistas sobre el tema, mejoramientos en los sistemas, más instalaciones, más comercios dedicados al ramo, etc. Numerosas necesidades, como la falta de agua, aumento de la resistencia de las plagas y enfermedades, la extensión de los desiertos o tierras áridas van abriendo las puertas a la hidroponía como método de obtención de alimentos. De esta forma se produce la explosión de las técnicas hidropónicas, encabezada por los países con poco territorio, como Holanda principalmente, Japón, Israel, Bélgica, España y Francia.²³

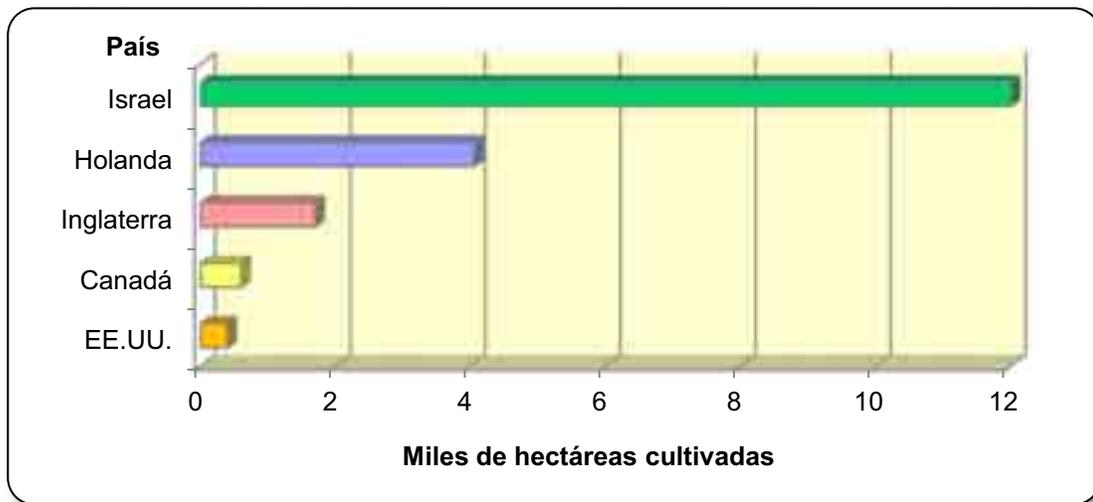
²¹ Alpizar Antillón Laura, Ob. cit., p 14

²² Resh, Howard M. (1946), profesor de botánica de la Universidad de Columbia Británica. Su interés estuvo siempre en el cultivo comercial de la hidroponía. Se involucró en proyectos hidropónicos a través del mundo incluyendo países como Canadá, Estados Unidos, Arabia Saudita, Taiwán, Venezuela, Tórtola y Anguila. Ha diseñado sistemas hidropónicos tanto al aire libre como en invernadero.

²³ Arano Carlos, Ob. cit.

El desarrollo de los materiales plásticos, bombas apropiadas, relojes, tuberías, válvulas y otros equipos disminuye el costo de las construcciones para los agricultores y permite automatizar por completo los grandes sistemas hidropónicos. Así, estos cultivos llegan a ser una realidad para los cultivadores en invernadero en todas las áreas climáticas, existiendo grandes instalaciones hidropónicas, tanto para el cultivo de flores como de hortalizas.²⁴ Recientes estimaciones de cultivos obtenidos por medio de estas técnicas agrícolas indican que, en los siguientes países, las superficies cultivadas son: en Israel 12000 hectáreas, en Holanda 4050 hectáreas, en Inglaterra 1700 hectáreas, en Canadá 600 hectáreas y en Estados Unidos 400 hectáreas.

Gráfico N ° 1: Cultivos hidropónicos en el mundo.



Fuente: Adaptado de Resh, H.M., **Cultivos hidropónicos. Nuevas técnicas de producción**; Ed. Mundi Prensa, 2001

En regiones áridas, tales como México y Extremo Oriente, los complejos hidropónicos combinados con unidades de desalinización están siendo desarrollados para usar agua de mar como fuente de riego; estos están localizados cerca del océano y las plantaciones se efectúan en la arena de la playa.

En Rusia existen grandes invernaderos con cultivos sin tierra, en las ciudades de Moscú y Kiev, mientras que en Armenia se ha establecido, en Erevan, en la región del Cáucaso, un instituto de cultivos hidropónicos.

²⁴ Resh H.M., Ob. cit., p. 33

Otros países donde se utiliza son: Australia, Nueva Zelanda, Sudáfrica, las Islas Bahamas, Kuwait, Brasil, Polonia, Singapur, Malasia e Irán.²⁵

Imagen N° 4: Cultivos hidropónicos de lechuga en México.



Fuente: <http://www.hidro-plant.com/img/productos-hidroponia>

Esta realidad convive con otras de menor extensión y con características muy diferentes, situaciones especiales donde también se tiene experiencia en cultivos sin suelo como son las bases experimentales en el continente antártico, los proyectos espaciales a cargo de la NASA o el actual auge que está teniendo en ciertas regiones de Latinoamérica la llamada Hidroponía Popular, basada esta última en la producción para el autoabastecimiento, con escasos medios e infraestructura muy simple.²⁶ Esta es utilizada en Chile, Colombia, Costa Rica y Nicaragua en sectores muy pobres en los que existen altos niveles de desempleo y subempleo, bajos niveles de escolaridad y falta de servicios básicos. Con las huertas hidropónicas populares, conocidas como HHP, se obtienen hortalizas sanas y frescas que complementan y mejoran la alimentación y hasta han llegado a producir un ingreso económico que, aunque es pequeño, también es constante ya que se obtiene de los excedentes producidos.²⁷

Surge de esta forma una clasificación que divide a esta ciencia en dos ramas distintas. Una de ellas es la Hidroponía de Alta Tecnología, orientada al mercado, para maximizar la relación costo/beneficio del empresario, por la venta de su producción. Emplea alta tecnología e inversión, con poca mano de obra. Se ubica en áreas rurales en países

²⁵ Resh H.M., Ob. cit., p. 34

²⁶ Urrestarazu Gavilán Miguel, **Tratado de cultivo sin suelo**, Ed. Mundi Prensa, 2003, p. 3 y 4

²⁷ Castañeda Francisco, **Hidroponía Popular. Cultivos sin tierra**, INCAP/OPS, 1997, p. 4

como Holanda, Australia, Nueva Zelanda, Sudáfrica y Estados Unidos. Y por otro lado, la Hidroponía Simplificada o Popular, cuyo objetivo principal es que la familia pueda autoalimentarse y generar algún pequeño ingreso. Se adapta a poblaciones carenciadas ya que emplea una tecnología sencilla, requiere poca inversión y utiliza mano de obra familiar. Generalmente es urbana o peri-urbana, aunque también se puede utilizar en zonas rurales.

Imagen N° 5: Huerta hidropónica familiar en Guatemala.



Fuente: <http://www.carbon.org/catalog/pub/kids1.jpg>

Desde el año 1991, la Oficina Regional de FAO²⁸ para América Latina y el Caribe (FAO/RLC), ha tenido una activa labor en el desarrollo y difusión sobre los usos de la Hidroponía Simplificada, como parte de una estrategia de Seguridad Alimentaria, para poblaciones de escasos recursos, en áreas peri-urbanas y rurales. Ha publicado una serie de documentos que cubren los principales aspectos del tema y ha implementado numerosos cursos de entrenamiento en Chile, Brasil, Costa Rica y Uruguay.²⁹

²⁸ FAO: siglas de *Food and Agriculture Organization*, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Es un área específica de la ONU, creada el 16 de octubre de 1945. La FAO reagrupa 191 miembros (189 estados más la Unión Europea y las islas Feroe). Conduce las actividades internacionales encaminadas a erradicar el hambre. Brinda sus servicios tanto a países desarrollados, como a países en transición a modernizarse y mejorar sus actividades agrícolas, forestales y pesqueras, con el fin de asegurar una buena nutrición para todos.

²⁹ AA. VV., Hidroponía Simplificada: Mejoramiento de la seguridad alimentaria y nutricional en niños de 0 a 6 años en Ecuador. Proyecto FAO: "Mejoramiento de la disponibilidad de alimentos en los Centros de Desarrollo Infantil del INNFA", ejecutado por la Oficina Regional para América Latina y el Caribe de FAO, en: <http://www.rlc.fao.org/es/agricultura>

En Argentina, el INTA ha desarrollado varios proyectos de producción de hortalizas sin suelo en el Conurbano Bonaerense, en zonas que carecen de tierras aptas y disponibles y con población con deficiencias alimentarias sembrando lechuga, acelga, apio, cebolla de verdeo, rabanito, albahaca, achicoria, tomate y zanahoria.³⁰ Además, su uso está siendo analizado como una posible opción para disminuir el uso del bromuro de metilo en agricultura.³¹ En General Rodríguez, la firma Acqua Green comercializa variedades de lechuga, ciboulette, rúcula, berro, puerro y verdeo y aromáticas como albahaca.³² Y en Mendoza se han llevado a cabo cultivos de rúcula y otras aromáticas en sistema de raíz flotante para optimizar el aprovechamiento de un recurso escaso como es el agua, disminuir el impacto ambiental y asegurar un producto sano.³³ Por otro lado, sobre el arroyo Espera, se encuentra el único vivero de cultivos hidropónicos del Delta, donde se cultivan variedades de lechuga, rúcula, radicheta, espinaca, ciboulette, ajíes dulces, tomates cherry, berenjenas, albahaca, rabanitos, berros de agua, frutillas, entre otros. Allí se realizan visitas guiadas y se dicta un curso de hidroponía hogareña.³⁴

Imagen N° 6: Cultivos hidropónicos en vivero Villa Mónica, Tigre, Argentina.



Fuente: <http://www.inta.gov.ar>

³⁰ Balcaza, L.F., **Producción de hortalizas hidropónicas en barrios carenciados del Conurbano Bonaerense**, en: <http://www.inta.gov.ar/sanpedro/info/doc>

³¹ Szczesny, A., Valerio, A., **Sobre el bromuro de metilo y su eliminación**, en: <http://www.inta.gov.ar/info/documentos/agric/hortic/brometilo.htm>

³² Cobello L, Camina sobre el agua; **Diario Clarín**, Argentina, 2001, en: <http://edant.clarin.com/suplementos/rural/2001/05/12/r-00411.htm>

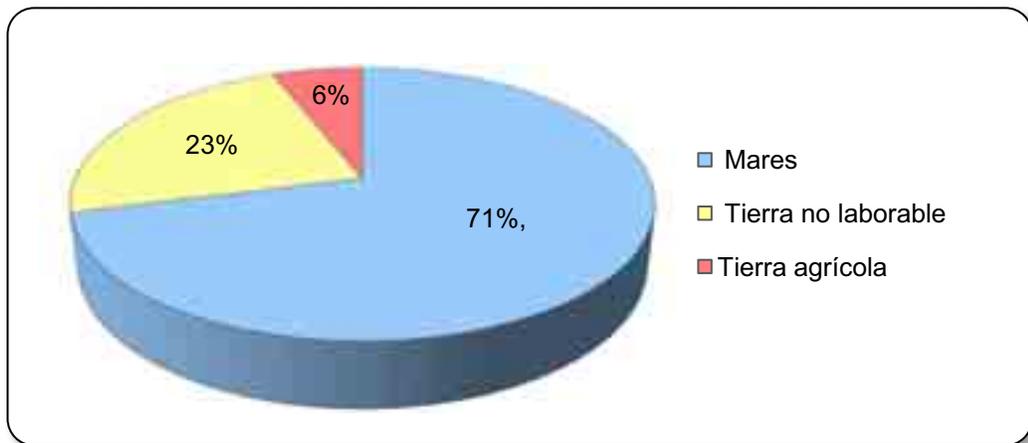
³³ Bermejillo A. I. y col., **Una alternativa de producción sustentable en Mendoza: Cultivo de rúcula y otras aromáticas en sistema de raíz flotante**, en: <http://inta.gov.ar/mendoza/jornadas/Trabajos>

³⁴ Véase en <http://www.viatigre.com.ar/tigre/delta/paseos/Vivero-Hidroponico-Villa-Monica>

La hidroponía es una ciencia joven, habiendo sido usada bajo una base comercial desde hace sólo cuarenta años; no obstante, aún en este corto período de tiempo, ha podido adaptarse a diversas situaciones, desde los cultivos al aire y en invernadero a los altamente especializados. Hoy, es vista como una de las más fascinantes ramas de la ciencia agronómica y es responsable de la alimentación y de la generación de ingresos para millones de personas alrededor del mundo. Se vislumbra como una solución a la creciente disminución de las zonas agrícolas producto de la contaminación, la desertificación, el cambio climático y el crecimiento desproporcionado de las ciudades y áreas urbanas.³⁵

Esta modalidad de cultivo, vendría en auxilio de grandes problemas que hoy se presentan a la humanidad, como por ejemplo, la escasez de alimentos, teniendo en cuenta que las tierras cultivables del planeta, ascienden únicamente al 6% de su superficie total, siendo el 71% ocupado por mares y el 23% restante corresponde a tierra no laborable (ríos, lagos, desiertos, etc.).

Gráfico N° 2: Distribución de la superficie terrestre.



Fuente: <http://www.hydrogrowers.com.ar>

Sumado a esto, la explosión demográfica crece en forma exponencial, previéndose que la cantidad de habitantes habrá de duplicarse en tan solo 25 años y por ende la demanda de alimentos.³⁶ Según los últimos cálculos de la ONU, la población mundial pasará de los 6.800 millones de personas de hoy a 9.100 millones en 2050: un tercio más de bocas que alimentar.³⁷

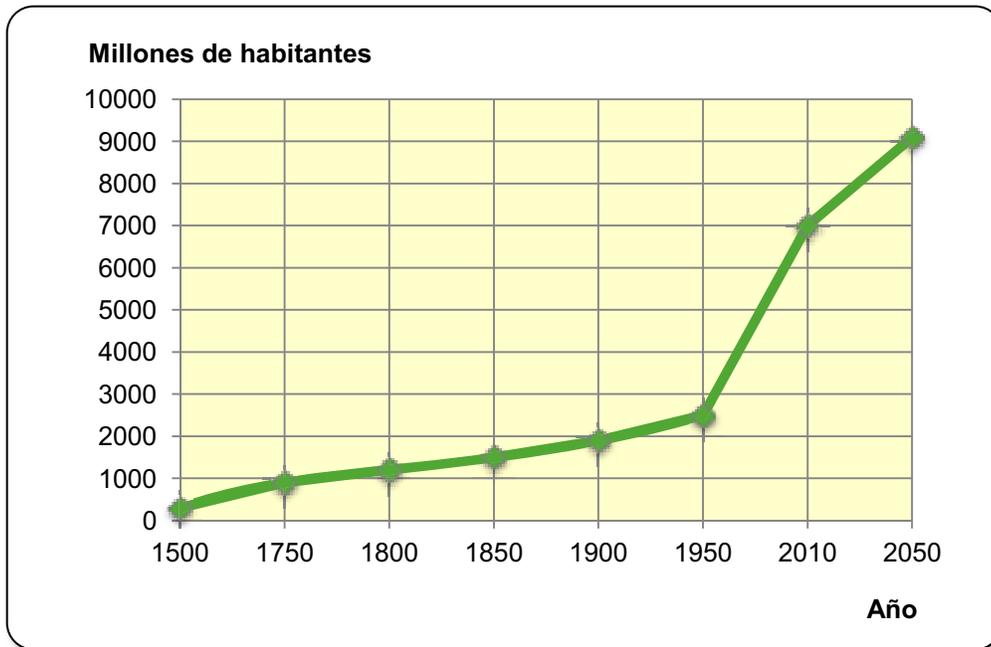
³⁵ Resh H.M., Ob. cit., p 34

³⁶ Véase en: <http://www.hydrogrowers.com.ar/>

³⁷ Véase en: <http://cienciaaldia.wordpress.com>

Asumiendo que la tierra cultivable está en retracción, y los aumentos de producción por métodos tradicionales, no permiten imaginar un avance de la misma proporción, esta modalidad de cultivo permitiría paliar este grave problema. Por esto es importante destacar que con este método es posible cultivar en las ciudades y en pequeños espacios, lo que hace que las familias se puedan abastecer de alimentos frescos y sanos aún viviendo en grandes ciudades.

Gráfico N° 3: Evolución de la población mundial 1500 – 2050.



Fuente: <http://cienciaaldia.wordpress.com>

Los rendimientos, en esta modalidad de cultivo, son sensiblemente mayores. Esto se debe a que no se necesita desperdiciar energía en desplegar raíces para obtener agua y nutrientes, la planta la utiliza en crecer y fructificar.

Un ejemplo muy claro es el de Canadá, donde el consumo de tomate per cápita es de 10 kg/año. Con una población de 20.000.000 de habitantes, se necesitan para producir las 200.000 Tn. anuales necesarias para el autoabastecimiento, 1600 ha. de plantación en cultivo tradicional. Para producir esta misma cantidad por hidroponía, son necesarias solamente 56 ha.³⁸

Además, cultivar en hidroponía, significa un ahorro hídrico excepcional, ya que sólo se consume el agua que evapotranspiran las plantas y el resto de la solución recircula

³⁸ Véase en: <http://www.hydrogrowers.com.ar>

volviéndose a aprovechar. También implica menor laboreo ya que no requiere de preparación del terreno entre cosechas. Y es posible cultivar permanentemente el mismo tipo de cultivo ya que no existe el cansancio de suelo, no haciéndose necesaria la rotación de cultivos. Finalmente, al recibir una nutrición y condiciones climáticas homogéneas y tener disponibles la totalidad de los elementos que necesita para crecer, la planta desarrolla todo su potencial, entregando un producto de excelentísima calidad.

Los cultivos hidropónicos tienen una muy prolongada conservación post-cosecha debido a que su nutrición balanceada hace que tengan una alta concentración de azúcares en el caso de frutos. Las verduras de hoja se cosechan con raíz, lo que hace que con solo humedecerlas la planta se mantenga viva y en condiciones como de recién cosechada.

Al no estar en contacto con la tierra, las plantas están libres de todas las enfermedades del suelo. El control fitosanitario es muy eficiente y se puede cultivar sin utilizar pesticidas ni fungicidas nocivos para la salud.

Por todas estas condiciones de excelente calidad, textura, sabor, conservación y sanidad, los alimentos obtenidos mediante la hidroponía tienen un altísimo valor agregado en el mercado.³⁹

³⁹ Véase en: <http://www.hydrogrowers.com.ar>

Capítulo N°2

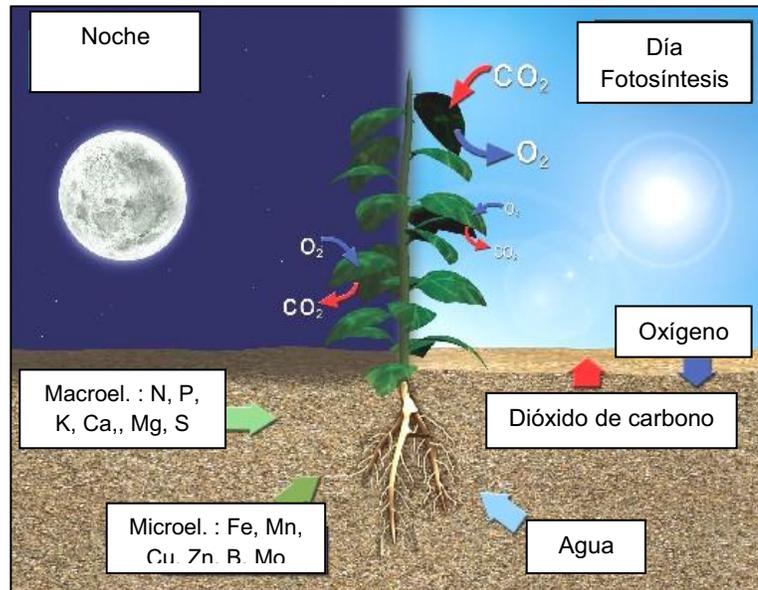
De la semilla al plato



En una planta más del 90 % de su peso seco está constituido por las diferentes sustancias y moléculas orgánicas que forman sus estructuras celulares o que regulan su metabolismo. Las cadenas carbonadas iniciales que emplean todas las células las proporciona la fotosíntesis.¹

Las plantas son capaces de producir sus propios alimentos a través de este proceso químico llamado fotosíntesis. Para realizarlo, disponen de un pigmento de color verde, la clorofila, que es el encargado de absorber la luz adecuada para llevarlo a cabo. Mediante la fotosíntesis se transforma la energía de la luz del sol en energía química. Esto consiste, básicamente, en la elaboración de azúcares a partir del CO_2 (dióxido de carbono), minerales y agua con la ayuda de la luz solar.²

Imagen N° 7: Fotosíntesis.



Fuente: <http://educa.madrid.org>

En una primera etapa la clorofila capta la energía que hay en la luz del sol. Al mismo tiempo, las moléculas de agua se dividen en átomos de hidrógeno y de oxígeno. Este último se libera al aire como producto de desecho.

En la segunda etapa ya no es necesaria la luz. La energía conseguida en la primera etapa gracias a la luz solar, se utiliza para unir el hidrógeno (procedente del agua) con el

¹ García Breijo, F., **Introducción al funcionamiento de las plantas**, Ed. Universidad Politécnica de Valencia, España, 2006, p. 9

² Véase en: <http://www.botanical-online.com/fotosintesis.htm>

dióxido de carbono y así producir glucosa. La glucosa puede ser convertida en otros carbohidratos: almidón como reserva energética o celulosa para la pared de las células. Las otras sustancias orgánicas que necesita la célula (grasas y proteínas) también se obtienen a partir de la fotosíntesis.

Una planta necesita seis moléculas de dióxido de carbono (CO_2) y seis moléculas de agua (H_2O) para producir una sola molécula de glucosa ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$); también aparecen seis moléculas de oxígeno (O_2). La ecuación química para ejemplificar este proceso es la siguiente:



Los nutrientes que se producen durante la fotosíntesis se distribuyen por toda la planta para permitir su crecimiento o bien se almacenan para un uso posterior.³

En las unidades hidropónicas, aunque no están en contacto con la tierra, las plantas se desarrollan porque reciben una nutrición óptima y cuentan con las condiciones ideales. La diferencia es la disponibilidad y cantidad de sales absorbidas por las raíces en un medio y en otro.⁴

Si bien el principio de suministro de nutrientes en la hidroponía es siempre el mismo, consiste en humedecer las raíces de las plantas con una solución de sales balanceadas disueltas en agua, lo que puede variar, es el sistema empleado para poner las raíces en contacto con el líquido.

Existen tres formas básicas de suministrarle los nutrientes a las plantas: humedeciendo el sustrato en el que están ubicadas; colocando las raíces directamente en el líquido de la solución o aplicándole ésta en forma de spray, mediante un pulverizador, directamente sobre las raíces.

De acuerdo al sistema empleado para nutrir a las plantas y para la ubicación de las raíces, la hidroponía se puede clasificar de la siguiente manera: raíces en gaseoso, en sólido o en líquido.⁵

³ Raven P., Evert R., Eichhorn S., **Biology of plants, fourth edition**, Worth Publishers Inc., New York, EE.UU., 1992, p. 111

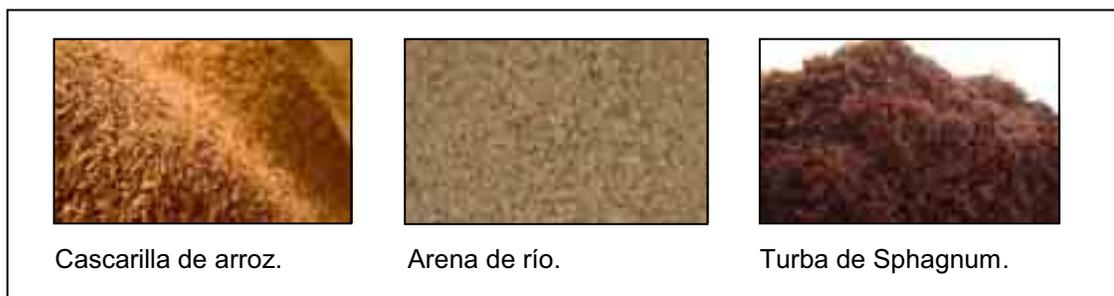
⁴ Véase en: <http://geocities.ws/curso/curso.html>

⁵ Alpizar Antillón L., Ob. cit., p. 37

Cuando las raíces de las plantas se encuentran suspendidas y son alimentadas por la solución nutritiva en forma de neblina el método empleado es aeropónico o gaseoso. Éste ha sido utilizado a nivel didáctico y recreativo.⁶

En la modalidad de cultivo de raíz en sólido las raíces se ubican en un medio sólido como arena de río, turba, gravilla, escoria de carbón, ladrillo molido, arcilla expandida, vermiculita, lana de roca, granza, etc. Este sistema es el más empleado en el tercer mundo; es así como en algunos lugares volcánicos se emplea la piedra pómez, en regiones industriales la escoria de carbón, en zonas agrícolas la cascarilla de arroz; las diferentes clases de arenas son empleadas en zonas urbanas, los retales de ladrillos libres de materiales de construcción son empleados en zonas marginadas de las ciudades.

Imagen N° 8: Sustratos para hidroponía.



Fuente: <http://www.hydroenvironment.com.mx>

El material elegido sólo proporciona a la planta el medio para anclar o afianzar sus raíces. El sustrato óptimo debe ser químicamente inerte, de él la planta no debe tomar ningún elemento, debe ser fácil de conseguir y de bajo costo, no debe descomponerse ni degradarse con facilidad, debe retener la humedad y no ser salino, finalmente debe proporcionar una adecuada aireación a las raíces debiendo ser granulado y no compacto.⁷ Además, este sustrato no debe contener organismos perjudiciales (hongos, bacterias, etc.) y no debe contener residuos industriales o humanos. Algunas de las mezclas de sustratos recomendadas por la FAO son 60% cáscara de arroz y 40% de arena de río; 80% ladrillo y 20% de aserrín; 50% cáscara de arroz y 50% escoria de carbón. El sustrato se coloca en un recipiente o almácigo adecuado, se nivela, humedece, se marcan surcos y sobre éste se siembran las semillas a una distancia adecuada y se cierran los surcos. Luego, la plantita no

⁶ Véase en: <http://geocities.curso.html>

⁷ Alpizar Antillón L., Ob. cit., p. 37

tiene que buscar el alimento, pues a través de riego se le entregan los elementos minerales necesarios.⁸

“La calidad final de un plantín depende estrechamente del sustrato empleado... Un criterio importante para elegir un sustrato, ya sea solo o en mezcla, es asegurar la continuidad del crecimiento y el establecimiento de los plantines en el sistema hidropónico.”⁹

En la modalidad de cultivo en líquido la raíz desnuda aparece sumergida en un medio líquido que contiene los nutrientes necesarios para la planta.¹⁰ La nutrición de las raíces en líquido, se puede hacer a través de las técnicas hipónica, de flujo laminar, flotante o de riego por gravedad.¹¹

La técnica de flujo laminar, también conocida como Nutrient Film Technique o NFT, es una técnica en la cual las plantas crecen teniendo su sistema radicular dentro de una lámina de plástico, a través de la cual circula continuamente la solución de nutrientes. El término Nutrient Film Technique fue utilizado para remarcar que la cantidad del flujo del líquido que pasa alrededor de las raíces de las plantas debía ser muy pequeño, es decir, laminar para que de esta forma siempre pudieran disponer del oxígeno necesario. También se ha denominado a este método como Técnica de flujo de nutrientes ya que la solución de nutrientes circula continuamente.¹²

La técnica de la capa de nutrientes es un método económico y utilizado por muchos invernaderos alrededor del mundo, teniendo bajos costos de inversión inicial y de mantenimiento. El principio de operación consiste en hacer pasar una capa de solución de nutrientes a través de un canal o tubo, esta solución moja las raíces de las plantas constantemente para alimentarlas. Un sistema sencillo y económico puede construirse con un tubo de PVC con orificios a lo largo para introducir las plantas que pueden estar suspendidas de un medio de soporte como una cuerda o con un pequeño recipiente con medio de crecimiento. Se hace pasar una pequeña película de solución constante sobre las

⁸ Izquierdo, J., **¿Qué es la hidroponía? Hidroponía simplificada. Cartillas de presentación**, en: <http://www.rlc.fao.org/es/agricultura/aup/pdf/hidrosim/1.pdf>

⁹ Tapia M. L.; Caro J. M., “Producción de plantines de lechuga (*Lactuca sativa*) en lana de roca granulada y perlita expandida para uso en hidroponía”, en: **Ciencia e Investigación Agraria**. v. 36 (3), Chile, Sep. – Dic. 2009, p. 401 - 409

¹⁰ Véase en: <http://geocities.ws/curso/curso.html>

¹¹ Filippetti V., **Sistemas y cultivos hidropónicos**, en: http://hidroponia.gcaconsultora.com.ar/info_hidrop

¹² Resh H.M., Ob. cit., 2001, p.161

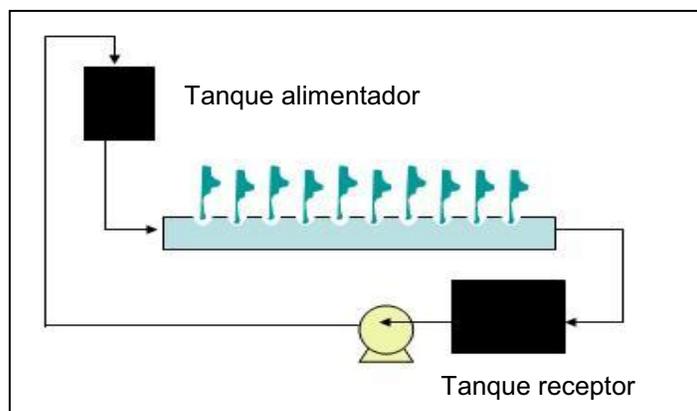
raíces para mantenerlas hidratadas, controlándose el flujo de solución con una válvula de paso. El tubo se pone con una inclinación para facilitar el pasaje de la solución y evitar que se estanque.

Una variación de este sistema es utilizar una película de plástico por debajo de las plantas. Esta película se recomienda negra para reducir la penetración de la luz y así prevenir la formación de hongos y otros agentes dañinos.

La gran ventaja de este método es que la raíz adquiere todo el oxígeno que necesita para su desarrollo, pero como en todo sistema puede aparecer un defecto. Cuando la masa de raíces crece en tamaño, puede llegar a llenar el canal por donde circula el agua y detener el flujo de solución, esto causa que el agua se estanque y la planta quede sin oxígeno. Esta carencia mata a la planta además de generar agentes patógenos en el sistema. La solución a este problema es proporcionar un canal suficientemente grande donde las raíces no obstruyan el flujo de agua y cultivar plantas de poco tiempo de cosecha.

Una vez que se ha instalado el canal con las plantas la solución se debe hacer pasar constantemente, por lo que se requiere un sistema de recirculación de fluido. El método más adecuado es utilizar un tanque en la parte superior que esté alimentando los canales con suficiente solución mientras una válvula se utiliza para controlar el flujo de solución y el espesor de la película. En la parte final del sistema se instala otro tanque receptor de solución donde se conecta una bomba para recircular la solución al primer tanque.¹³

Imagen N° 9: Sistema de flujo laminar o NFT.



Fuente: <http://www.hydrocultivo.com/index.php>

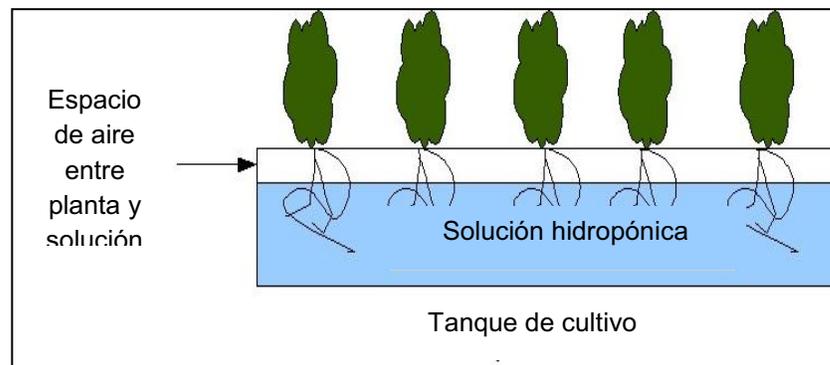
¹³ Véase en: <http://www.hydrocultivo.com/index.php/sistema-de-riego>

Este sistema de riego es idóneo para plantas que se cosechan en un periodo corto. Las raíces no llegan a crecer lo suficiente para causar problemas con el sistema. Se han reportado resultados exitosos en cultivos de lechuga, espinaca, tomate, pepino.¹⁴

Otro sistema, el de raíz flotante o flujo profundo propone las raíces flotando en solución hidropónica dejando un espacio de aire para que estas absorban oxígeno. Esta tipo de sistema es recomendado para cultivo de hojas como lechuga, espinaca, cilantro, etc. Algunas veces se introduce una línea de aire en el tanque de la solución para oxigenarla, y también se han visto buenos resultados con un espacio de aire entre la solución y la planta.

El espacio de aire se logra utilizando una lamina de tergopor, o material plástico de un espesor de más de 2 cm. que flota en la solución permitiendo mantener las plantas por arriba del nivel. En el tergopor se perforan orificios para introducir las plantas.

Imagen N° 10: Sistema de raíz flotante o flujo profundo.



Fuente: <http://www.hydrocultivo.com/index.php/sistema-de-riego>

Esta técnica se utiliza principalmente para la producción de vegetales como lechuga, apio, albahaca y berros y para acelerar el crecimiento de otras plantas que luego son trasplantadas a sustrato sólido como el tomate. En este sistema la producción es más rápida y numerosa que en sustrato sólido.¹⁵

El método de riego por gravedad propone la ayuda de esta fuerza para realizar el riego. Este tipo de sistemas es muy común en operaciones pequeñas y es altamente recomendable para cultivo casero. Se caracteriza por su bajo costo de fabricación y su relativa eficiencia.¹⁶

¹⁴ Véase en: <http://www.hydrocultivo.com/index.php/sistema-de-riego>

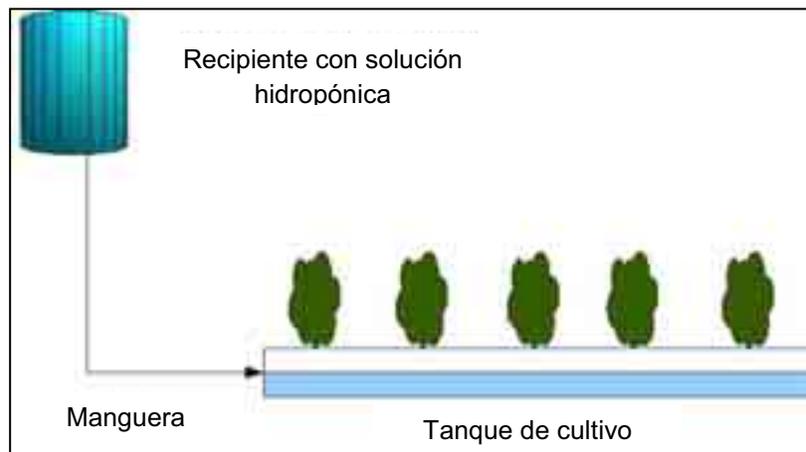
¹⁵ González Arce R, **Huerta casera. Manual de hidroponía popular**, Ed. Universidad de Costa Rica, San Jose, Costa Rica, 2003, p. 37

¹⁶ Véase en: <http://www.hydrocultivo.com/index.php/sistema-de-riego>

El sistema consiste en un recipiente con dos orificios que sirven como sistema de drenaje para la solución hidropónica y se llena el recipiente con el medio de cultivo de preferencia. A los orificios ubicados a cada lado del recipiente se conectan mangueras para facilitar le drenado, éstas deben estar perfectamente selladas con el recipiente para evitar fugas para lo cual se puede utilizar silicona. Las mangueras de cada lado se conectan a los recipientes que se utilizarán para regar el sistema.

El recipiente de solución se eleva más arriba del tanque de cultivo, y por acción de la gravedad el tanque se llena con la solución regando el cultivo. Para dejar que las raíces absorban oxígeno el recipiente se pone por debajo del nivel del tanque de cultivo para drenar la solución, realizando este procedimiento varias veces al día para oxigenar las plantas.¹⁷

Imagen N° 11: Sistema de riego por gravedad.



Fuente: <http://www.hydrocultivo.com/index.php/sistema-de-riego>

Sesenta elementos minerales forman parte de la composición química de diversas plantas, no obstante muchos de ellos no se consideran esenciales para su crecimiento ya que su presencia probablemente se debe a que las raíces absorben en su entorno algunos elementos que existen en forma soluble. Las plantas además tienen la habilidad de seleccionar la cantidad de nutrientes que absorben.¹⁸

Para ser considerado esencial en el crecimiento de las plantas, cada elemento mineral debe cumplir ciertas condiciones: la planta no podrá completar su ciclo de vida en ausencia del elemento; la acción del elemento debe ser específica no pudiendo ser sustituida completamente por otro elemento; finalmente, el elemento debe estar directamente implicado

¹⁷ Véase en: <http://www.hydrocultivo.com/index.php/sistema-de-riego>

¹⁸ Grass de la Fuente J., **Hidroponía. Cultivo sin tierra**, Ed. Texido, Chile, 1993, p. 21

en la nutrición de las plantas, es decir, ser un constituyente esencial de un metabolismo o por lo menos ser necesaria su presencia para la acción de una enzima.

Solamente dieciséis elementos minerales son considerados esenciales para la nutrición y crecimiento de las plantas. Estos se dividen en macronutrientes, que son aquellos que se requieren en mayor cantidad, y los microelementos (trazas o menores) que son aquellos se necesitan en cantidades bastantes menores.¹⁹

Entre los macroelementos se encuentran el Carbono (C), Hidrógeno (H), O (Oxígeno), Nitrógeno (N), Fósforo (P), Potasio (K), Calcio (Ca), Magnesio (Mg), Azufre (S). Cada uno de estos elementos tiene una o varias funciones en el proceso de crecimiento de la planta, así como su carencia se traduce en síntomas específicos que se reflejan en la estructura de la planta.

Los nutrientes menores o microelementos, son los que siendo esenciales para el desarrollo de las plantas, están contenidos en ellas, en muy pequeñas cantidades, que van desde 0,01 % hasta 0,0001 %. Este grupo de nutrientes está compuesto por el Hierro (Fe), Cobre (Cu), Manganeso (Mn), Boro (B), Zinc (Zn), Molibdeno (Mo) y Cloro (Cl).²⁰ Algunas especies además pueden necesitar otros elementos, como silicio, cobalto, vanadio, aluminio y selenio.²¹

El éxito de los cultivos hidropónicos dependerá de la utilización adecuada de las soluciones de nutrientes. Un desorden nutricional tendrá como consecuencia un mal funcionamiento de la fisiología de la planta, lo que produce como efecto un crecimiento anormal, sea por deficiencia o por exceso de uno o varios elementos. Este desorden la planta lo expresa en síntomas que pueden ser externos o internos.

La temprana detección de los desórdenes nutricionales es importante para aplicar oportuna corrección. Los síntomas característicos suelen ser muy generales, como por ejemplo la clorosis, que se caracteriza por la coloración amarillenta de la planta, y la necrosis, al producirse pardeamiento de los tejidos de la planta.

Detectado un desorden nutricional, en los cultivos hidropónicos el primer paso es cambiar la solución de nutrientes; según la severidad del desorden y de las condiciones de cada uno de los elementos, las plantas necesitarán de siete a diez días para mostrar respuestas favorables al tratamiento. En el caso de deberse a una toxicidad, el medio de cultivo tendrá que ser lavado con mucha agua limpia con el objeto de reducir los niveles

¹⁹ Véase en: <http://www.hydrocultivo.com/index.php/sistema-de-riego>

²⁰ Resh H.M., Ob. cit., p. 41 y 42

²¹ Grass de la Fuente J., Ob. cit., p. 22

residuales en el medio. Los desordenes nutricionales son más frecuentes que las toxicidades en este tipo de cultivos.²²

Cuadro N° 1: Funciones de los macroelementos en la nutrición de las plantas.

Macroelementos	
Elemento	Función
Carbono	Es constituyente de todos los compuestos orgánicos de las plantas.
Hidrógeno	Constituyente de todos los compuestos orgánicos en los cuales el carbono también forma parte. Es, además, muy importante su acción en el intercambio de cationes en las relaciones planta-suelo.
Oxígeno	Forma parte de la mayoría de los compuestos orgánicos de las plantas. El caroteno es uno de los pocos compuestos orgánicos en que no se encuentra el O ₂ . Interviene en el intercambio de aniones en las raíces y el medio exterior. Es receptor terminal del H en la respiración aerobia.
Nitrógeno	Forma parte de numerosos compuestos orgánicos, como aminoácidos, proteínas, ácidos nucleicos, coenzimas, clorofila.
Fósforo	Es parte de muchos compuestos orgánicos, tales como la glucosa, ATP ²³ , ácidos nucleicos, fosfolípidos y algunas coenzimas.
Potasio	Su acción es como coenzima o activador de numerosas enzimas. Es requerido en altos niveles en la síntesis de proteínas. Sin embargo, no forma parte estable de la estructura de ninguna de las moléculas que se hallan dentro de las células de las plantas.
Azufre	Aparece en compuestos orgánicos que incluyen aminoácidos y proteínas. También contienen azufre la coenzima A y las vit. B ₁ y B ₈ .
Magnesio	Es parte esencial de la molécula de la clorofila; necesario para la actividad de numerosas enzimas, lo que comprende los pasos más importantes en la actuación del ATP. Es esencial para mantener la estructura del ribosoma.
Calcio	En las paredes de la célula se le encuentra como pectato cálcico, que une las paredes primarias de las células adyacentes. Es indispensable para mantener la integridad de la membrana y forma parte de la enzima α-amilasa. En ocasiones puede interferir la capacidad del magnesio para activar las enzimas.

Fuente: Grass de la Fuente J., **Hidroponía. Cultivo sin tierra**, Ed. Texido, Chile, 1993, p.22-24.

²² Grass de la Fuente J., Ob. cit., p. 29 y 30.

²³ El ATP es el Adenosin Tri Fosfato, un compuesto químico complejo formado por la energía liberada por los alimentos y que se almacena en todas las células.

La carencia tanto de macronutrientes como de micronutrientes puede generar desórdenes en el crecimiento y desarrollo del cultivo.

Cuadro N° 2: Funciones de los microelementos en la nutrición de las plantas.

Microelementos	
Elemento	Función
Hierro	Indispensable para la síntesis de la clorofila, y parte esencial del citocromo que actúa como portador de electrones en la fotosíntesis y en la respiración. Parte esencial de la ferridoxina ²⁴ .
Cloro	En la fotosíntesis actúa como activador de enzimas para la producción de oxígeno a partir del agua. Su insuficiencia acusa efectos en las raíces.
Manganeso	Activa la enzima responsable de la formación del ADN ²⁵ y del ARN ²⁶ , como también la enzima deshidrogenasa en el ciclo de Krebs ²⁷ . Activa algunas enzimas en la síntesis de los ácidos grasos. Tiene participación directa en la producción fotosintética de O ₂ a partir del H ₂ O.
Boro	Aunque su papel en las plantas no es bien conocido, se le tiene por indispensable para el transporte de los carbohidratos.
Zinc	Es necesario para la formación de la hormona del ácido indolacético ²⁸ . Activa las enzimas alcohol deshidrogenasa, ácido láctico deshidrogenasa, ácido glutámico deshidrogenasa y carbopeptidasa.
Cobre	Actúa como portador de electrones y forma parte de algunas enzimas. Es parte de la plastocianina ²⁹ , que actúa en la fotosíntesis, y también de la enzima oxidasa poliphenol.
Molibdeno	Actúa como portador de electrones en la conversión del nitrato de amonio, siendo igualmente esencial en la fijación del N ₂ .

Fuente: Grass de la Fuente J., **Hidroponía. Cultivo sin tierra**, Ed. Texido, Chile, 1993, p.22-24.

²⁴ La ferridoxina es una proteína hierro-azufre que interviene en el transporte de electrones en algunas reacciones del metabolismo. Interviene en la fotofosforilación cíclica y acíclica durante la fotosíntesis.

²⁵ El ADN es el ácido desoxirribonucleico, un tipo de ácido nucleico, una macromolécula que forma parte de todas las células. Contiene la información genética usada en el desarrollo y el funcionamiento de los organismos vivos conocidos y de algunos virus, y es responsable de su transmisión hereditaria.

²⁶ El ARN es el ácido ribonucleico, un ácido nucleico formado por una cadena de ribonucleótidos. Es la molécula que dirige las etapas intermedias de la síntesis proteica.

²⁷ El Ciclo de Krebs: es una ruta metabólica, es decir, una sucesión de reacciones químicas, que forma parte de la respiración celular en todas las células aeróbicas. Es parte de la vía catabólica que realiza la oxidación de glúcidos, ácidos grasos y aminoácidos hasta producir CO₂, liberando energía en forma utilizable (poder reductor y GTP).

²⁸ El ácido indolacético estimula el desarrollo de raíces laterales y adventicias y frutos.

²⁹ La plastocianina es una proteína involucrada en la cadena de transporte de electrones, presente en casi todas las plantas.

Todos los elementos esenciales son suministrados en los cultivos hidropónicos disolviendo las sales fertilizantes en agua y obteniendo de esta forma la solución de nutrientes. Estas sales deberán tener una alta solubilidad ya que deben permanecer en solución para ser aprovechadas por las plantas.³⁰

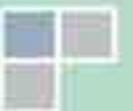
Otros factores que deben tenerse en cuenta al realizar los cultivos son la temperatura, se considera que la temperatura media entre 10 y 21 °C es la ideal para la mayoría de las plantas; la luz, esencial para el crecimiento de las plantas; también se requiere una buena ventilación, evitando las corrientes de aire; la oscuridad de las raíces para evitar el desarrollo de hongos y algas que compitan con la planta por los nutrientes; y el soporte de los cultivos para mantenerlos en una posición fija sobre la solución.³¹

³⁰ Grass de la Fuente J., Ob. cit., p. 31

³¹ Ibid. p. 95 y 96

Capítulo N°3

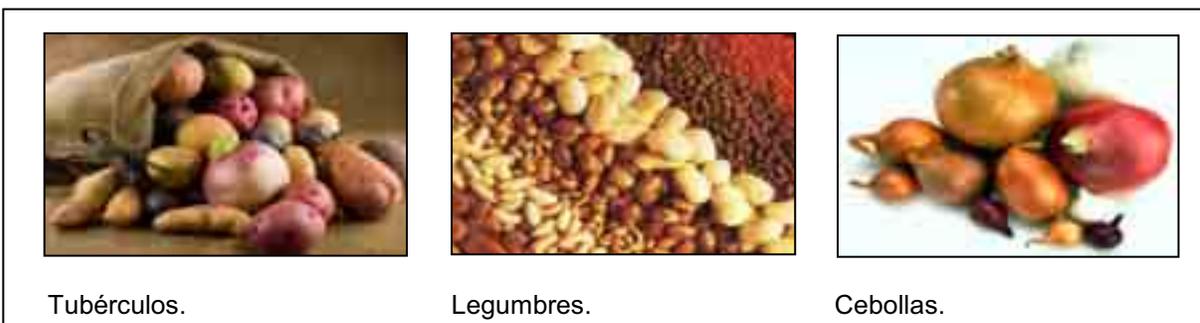
Alimentos hidropónicos



Según el Código Alimentario Argentino (C.A.A.)¹ los alimentos de origen vegetal pueden clasificarse en distintos grupos según sus características. Éste define como hortaliza a toda planta herbácea producida en la huerta de la cual una o más partes pueden utilizarse como alimento en su forma natural. El término verduras se reserva para distinguir las partes comestibles de color verde de las plantas aptas para la alimentación. Se llama legumbres a las frutas y semillas de las leguminosas, entre ellas se puede enumerar al las arvejas o guisantes, garbanzos, habas, lentejas, soja y porotos varios.² Se entiende por tubérculos y raíces a las partes subterráneas de las especies vegetales; entre las primeras está la papa, la batata; y en las segundas la mandioca, el rábano y rabanito, la remolacha, el nabo, y zanahoria entre las más utilizadas.

En el grupo de los bulbos se encuentran el ajo y la cebolla y entre los tallos el apio. Las coles pertenecen a la familia de las crucíferas; las partes comestibles difieren en este caso, pudiendo ser las hojas como en el repollo, tallos en las coles de Bruselas, o inflorescencias como en el coliflor. El C.A.A. distingue como verduras para ensalada a la achicoria y hojas tiernas de la alfalfa, berro, escarola, lechuga y mastuerzo entre otras. En el grupo de las hojas están la espinaca y la acelga, entre las inflorescencias la alcachofa o alcaucil y entre los frutos la berenjena, el pepino, pimiento, tomate, zapallos y calabazas.

Imagen N° 13: Alimentos de origen vegetal I.



Fuente: <http://www.saborysalud.com/content/articles>

¹ El Código Alimentario Argentino es un conjunto de disposiciones higiénico-sanitarias, bromatológicas y de identificación comercial. Cuenta con algo más de 1.400 artículos divididos en 20 capítulos que incluyen disposiciones referidas a condiciones generales de las fábricas y comercio de alimentos, a la conservación y tratamiento de los mismos, el empleo de utensilios, recipientes, envases, envolturas, normas para rotulación y publicidad, especificaciones sobre los diferentes tipos de alimentos y bebidas, coadyuvantes y aditivos. Fue puesto en vigencia por la Ley 18.284, reglamentada por el Decreto 2126/71. Tiene como objetivo primordial la protección de la salud de la población, y la buena fe en las transacciones comerciales.

² Estas tres denominaciones corresponden al artículo 819 del C.A.A.

Finalmente, se denomina fruta destinada al consumo al producto maduro procedente de la fructificación de una planta sana, pudiendo ser esta fresca, seca, desecada o deshidratada. Las frutas frescas son aquellas que, presentando madurez adecuada y condiciones organolépticas habituales, pueden consumirse en forma inmediata. Las frutas secas son las que por naturaleza se presentan con su endocarpio más o menos lignificado, cuya semilla es la parte comestible, como por ejemplo la nuez, avellana, almendra y castaña. Se conoce como fruta desecada a la cual se priva de la mayor parte de su contenido acuoso con la finalidad de conservarla, por medios naturales tales como la desecación al sol. La fruta deshidratada es semejante a la anterior, pero el procedimiento de deshidratación se consigue aplicando medios físicos controlados, generalmente túneles de agua caliente.³

Imagen N° 14: Alimentos de origen vegetal II.



Verduras de hoja.

Frutas frescas.

Frutas secas.

Fuente: <http://www.botanica.cnba.uba.ar>

Las reglamentaciones bromatológicas vigentes contemplan también la posibilidad del aprovechamiento de vegetales de origen marino, son las algas macroscópicas, frescas o desecadas, entre las que se encuentran Porphira, Radohita, Laminaria, Fucus, etc.

Tanto en las hortalizas como en las frutas los nutrientes están presentes en cantidades variables de acuerdo con la naturaleza del vegetal y son difíciles de cuantificar químicamente dadas las dificultades técnicas que implica aislarlos y evaluarlos.⁴

“Los caracteres organolépticos y nutricionales de los alimentos vegetales dependen de numerosos factores: especie y variedad, condiciones de cultivo, estado de maduración, condiciones y duración del almacenamiento, tratamientos tecnológicos, etc.”⁵

³ Salinas, R., **Alimentos y nutrición. Introducción a la bromatología**, Ed. El Ateneo, Buenos Aires, Argentina, 2000, p. 160 y 161

⁴ Ibid. p.162

⁵ Cheftel J.C., Cheftel H., **Introducción a la bioquímica y tecnología de los alimentos**, Vol. I, Ed. Acribia, España, 2000, p.136

Las frutas y las verduras tienen unas características comunes por su composición nutritiva, estas contienen fibra vegetal, son relativamente ricas en vitaminas hidrosolubles y sales minerales, por unidad de peso su valor energético oscila entre moderado y muy pequeño, contienen glúcidos simples (exceptuando los tubérculos), apenas contienen proteínas y lípidos y aproximadamente el 80 % de su peso es agua.

Las frutas contienen glúcidos simples, siendo estos glucosa, sacarosa y principalmente fructosa, en una concentración aproximada del 10 % de la parte comestible. Son alimentos ricos en distintos elementos minerales esenciales, como potasio y magnesio; además algunas frutas son fuente importante de hierro y calcio. La riqueza vitamínica es una de sus principales características. Los cítricos, entre los que se encuentran la naranja, la mandarina, el limón, el pomelo, son muy ricos en ácido ascórbico al igual que el melón y las frutillas; la mayor parte de las frutas contienen además cantidades pequeñas de beta carotenos y vitaminas del grupo B; por estas razones el aporte de las necesidades diarias de vitamina C, provitamina A y otras hidrosolubles sólo queda asegurado tomando de 2 a 3 piezas de fruta al día. Las pectinas y hemicelulosas son componentes de la fibra vegetal que con más frecuencia se hallan en la parte comestible de las frutas. El valor calórico de las frutas es determinado en general por su concentración en azúcares, oscilando entre 35 y 50 kcal por cada 100 g; como excepción se pueden citar algunas frutas grasas y de alto valor calórico como el coco que aporta 60 kcal cada 100 g de alimento.⁶

Cuadro N° 3: Composición promedio de macronutrientes de las frutas.

Grupo de frutas	Hidratos de carbono (gr %)	Proteínas (gr %)	Grasas (gr %)	Kcal (gr %)
Grupo A				
Ananá, Cereza, Ciruela, Damasco, Durazno, Frutilla, Kiwi, Limón, Mandarina, Manzana, Melón, Naranja, Pera, Pomelo, Sandía	8	1	-	36
Grupo B				
Banana, Higo, Uva	17	1	-	72

Fuente: Adaptado de Torresani M. E., Somoza M. I., **Lineamientos para el cuidado nutricional**, Ed. Eudeba, Argentina, 2007, p.573, 576 y 577

⁶ Simón M. J., Benito M. P., Baeza M., **Alimentación y nutrición familiar**, Ed. Editex, Argentina, 2002, p. 87

Las verduras son vegetales cuyo contenido en glúcidos es, generalmente, menor que el de las frutas. Algunas se consumen crudas y otras cocidas y al igual que las frutas poseen un aroma y color característicos. En cuanto a su composición nutritiva, contienen azúcares, aunque generalmente su concentración es más baja que en las frutas; se clasifican entonces en tres grupos, vegetales del grupo A, son aquellos que contienen un 3 % de hidratos de carbono; vegetales del grupo B, aquellos con un 8 % de hidratos y en el grupo C los que contiene un 20 % de glúcidos. El contenido de proteínas y lípidos en las verduras oscila en un 1 %.⁷

Cuadro N° 4: Composición promedio de macronutrientes de los vegetales.

Grupo de vegetales	Hidratos de carbono (gr %)	Proteínas (gr %)	Grasas (gr %)	Kcal (gr %)
Grupo A				
Acelga, Achicoria, Ají, Apio, Berenjena, Brócoli, Coliflor, Espárragos, Espinaca, Hinojo, Lechuga, Pepino, Rabanito, Radicheta, Repollo de Brus., Repollo, Tomate, Zapallito	3	1	-	16
Grupo B				
Alcaucil, Arvejas frescas, Cebolla, Chauchas, Habas, Nabo, Puerro, Remolacha, Zanahoria, Zapallo	8	1	-	36
Grupo C				
Batata, Choclo, Mandioca, Papa	20	2	-	88

Fuente: Adaptado de Torresani M. E., Somoza M. I., **Lineamientos para el cuidado nutricional**, Ed. Eudeba, Argentina, 2007, p.573, 576 y 577

Debido a la clorofila, las verduras son ricas en magnesio. La mayor parte de ellas contienen mucho potasio y poco sodio. La espinaca, la acelga y el tomate proporcionan una pequeña cantidad de hierro de baja absorción o hierro no hemínico, cuya absorción aumenta

⁷ Aranceta Bartrina J., **Frutas, verduras y salud**; Ed. Masson, España, 2006, p.114-119

al combinarse con alimentos ricos en vitamina C. Estas también contienen entre 25 y 150 mg de calcio por 100 g de vegetal. Respecto a su concentración en vitaminas, destacan la pro vitamina A o beta carotenos, principalmente en las de color intenso; la vitamina C y diversas vitaminas del grupo B, entre las que conviene destacar el ácido fólico, abundante en las hojas. Varios componentes de la fibra vegetal están ampliamente representados en estos alimentos, como la celulosa, hemicelulosa y la lignina. El valor energético de estos alimentos es muy bajo, pero existen considerables diferencias según su porcentaje de glúcidos; así mientras 100 g de espinaca contienen 16 kcal, 100 g de zanahoria tienen 36 kcal y 100 g de papa 88 kcal.

Diversos estudios experimentales sobre salud humana, como el de Lampe, J.,⁸ confirman la asociación entre la elevada ingesta de vegetales y frutas con el bajo riesgo de padecer enfermedades crónicas. Las hortalizas son una rica fuente de una variedad de nutrientes que incluye vitaminas, minerales, fibras y otras clases de principios biológicos activos. Estos principios pueden tener mecanismos de acción superpuestos y complementarios, que incluyen la modulación de las enzimas de detoxificación, el estímulo del sistema inmunitario, la reducción de agregación plaquetaria, la modulación de la síntesis del colesterol y del metabolismo hormonal, la reducción de la presión sanguínea, así como efectos antibacterianos, antivirales y antioxidantes.⁹

La función nutricional de las frutas y verduras no depende solamente de su composición química, sino también de las cantidades consumidas y la diversidad de elección. En los países europeos estos alimentos aportan en torno al 10 % de las calorías y proteínas de la dieta habitual. El ácido ascórbico de las hortalizas de hoja verde representa el 90 % de la vitamina C de un régimen; mientras que los pigmentos carotenoides de la zanahoria, hojas verdes y tomate, suministran del 25 al 60 % de la actividad de la vitamina A; las frutas y verduras también aportan del 20 al 25 % de tiamina o vitamina B₁; 10 a 15 % de la riboflavina o vitamina B₂; 15 a 25 % de la niacina o B₃; 40 a 45 % del ácido fólico; 10 % de calcio y el 20 % de las necesidades de hierro de una dieta normal.¹⁰

En Latinoamérica, la creciente urbanización, un nuevo ciclo de globalización a partir de los años 90 y profundos cambios culturales hicieron que el hábito de producir y consumir frutas y hortalizas se debiliten y deriven en una modificación de hábitos alimentarios, hasta

⁸ Lampe J. W. Efectos de hortalizas y verduras sobre la salud, **Am. Journal Clin. Nutrition. (suppl.)**;1999, en: http://www.unizar.es/med_naturista/Hortalizas%20y%20frutas.pdf

⁹ Parra P., Justo A., **Balance entre ingesta recomendada y consumo estimado de hortalizas**, en: <http://www.inta.gov.ar/ies/docs/doctrab>

¹⁰ Ibid. p.136

llegar a la situación actual, en donde el consumo per cápita es realmente muy bajo: así, en la alimentación de los latinoamericanos, las frutas representan algo más del 4 % de la energía consumida y las hortalizas, exceptuando papa, batata y choclo, tan solo 2 %.¹¹

Frente a la recomendación de la OMS¹² de consumo de 146 Kg/persona/año, equivalente a 400 g de frutas y hortalizas por día, la información de FAO verifica una disponibilidad global aparente de 173 Kg/persona/año (111,6 Kg hortalizas y 61,4 Kg frutas). Al comparar ambos índices estaríamos observando una adecuación media mundial de entre 83-118% (considerando la disponibilidad y la recomendación). Cabe aclarar que dicha oferta es calificada de aparente ya que surge de la división entre el volumen producido y la población existente, concepto que no es estrictamente aplicable a consumo, dado que en vegetales frescos las pérdidas logísticas entre producción y consumo son cuantiosas por la perecibilidad y fragilidad de los productos (en algunos contextos superan al 40 o 50 % de las cosechas).

En un estudio de Pomerleau J. y colaboradores,¹³ que sirvió como sustento metodológico para el desarrollo de la recomendación de la OMS en cuanto al consumo de frutas y hortalizas, se demostró las diferencias que existen entre las regiones en cuanto al consumo de estos alimentos, siendo mucho mayor la cantidad de frutas y verduras consumidas en países europeos que en los americanos.¹⁴

Cuadro N° 5: Consumo de frutas y verduras por país.

Países	Consumo (gr/persona/día)
España, Bélgica, Finlandia, Dinamarca, Francia, Alemania	> 500
Israel, Italia, Noruega e Inglaterra	449
Australia, Japón y Singapur	384
Estados Unidos	300
Rusia y ex países de la Unión Soviética	217
India	244
Argentina y México	192

Fuente: Winograd M., **Consumo de frutas y hortalizas en América**, en: <http://www.todopapa.com.ar/doc/PonenciaMedellin.doc>

¹¹ Winograd M., **Consumo de frutas y hortalizas en América**, en: <http://www.todopapa.com.ar/doc/PonenciaMedellin.doc>

¹² La Organización Mundial de la Salud (OMS), es el organismo de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) especializado en gestionar políticas de prevención, promoción e intervención en salud a nivel mundial desde 1948.

¹³ Pomerleau J., Lock K., McKee M., Altmann R., The Challenge of Measuring Global Fruit and Vegetable Intake; **Journal of Nutrition**, 2004, vol.134, p. 175-180.

¹⁴ Winograd, Ob. cit.

En los últimos años se ha observado un incremento del consumo de frutas y verduras debido a sus propiedades, por lo que la producción de estos alimentos en casa es cada vez más frecuente. Los cultivos hidropónicos caseros hacen posible producir verduras y diversas frutas, permitiendo madurar estos alimentos más rápidamente que los cultivos en tierra, asimismo necesitan menos espacio y sus rindes son mayores. Algunos vegetales son especialmente recomendados para cultivarlos en casa por este método, se pueden mencionar entre otros tomates, pepinos, berenjenas, rabanitos, lechugas, acelgas, espinacas, pimentones, porotos, cebollas, repollos, brócolis, coliflores, ajíes, zanahorias, zapallos y zapallitos. Entre las frutas las más cultivadas en el método hidropónico son frutillas, melones y sandias. Las hierbas aromáticas también se cultivan bien con el sistema hidropónico, pudiendo realizarse en la misma cocina o en un balcón, así es posible obtener perejil, estragón, hinojo, menta, romero, ruda, tomillo, salvia, borraja, ajo.¹⁵

Imagen N° 15: Cultivo sin suelo. La Pampa, Argentina.



Fuente: CERET (Centro Regional de Investigación Tecnológica), en: <http://www.ceretlapampa.org.ar>

Los alimentos obtenidos por métodos hidropónicos poseen altos valores alimenticios, sus contenidos vitamínicos y minerales son normales e incluso existe el caso de tomates que han sido cultivados hidropónicamente a los que se ha dado un mayor contenido de calcio con vistas a la alimentación de niños; como también hay experiencias relativas a la adición de hierro para pacientes anémicos.¹⁶ Otros ensayos con tomate han demostrado mayor contenido de vitamina A en los tomates hidropónicos en comparación a los cultivos en

¹⁵ Grass de la Fuente J., Ob. cit., p. 88 y 89

¹⁶ Ibid p. 91

suelo.¹⁷ Vale la pena destacar que, en ningún caso, el sistema hidropónico altera el sabor natural de frutas y verduras, por el contrario, pareciera que el sabor y la calidad resultan beneficiados por este método.¹⁸

Los orígenes del cultivo de la espinaca, *Spinacia oleracea*, se remontan al año 1000, cuando fue introducida en Europa procedente de regiones asiáticas, probablemente de Persia, pero únicamente a partir del siglo XVIII comenzó a difundirse por Europa y se establecieron cultivos para su explotación, principalmente en Holanda, Inglaterra y Francia; se cultivó después en otros países y más tarde llegó a América.

El cultivo de la espinaca en Argentina se desarrolla fundamentalmente al aire libre en regadío; aunque está más indicado en los invernaderos de las zonas del interior. La producción se puede destinar tanto a la industria como al mercado en fresco durante todo el año.

La producción China de espinaca ronda las 1,1 millones de Tn. anuales. Le siguen Estados Unidos (400.000 Tn.), Japón (300.000 Tn.), Turquía (250.000 Tn.) e Indonesia (123.000 Tn.). En Argentina, esta hortaliza presenta un alto consumo tanto fresca como congelada, sin embargo, el nivel de producción es muy bajo en comparación con el resto de los países.¹⁹ La quinta parte de la espinaca transformada por la industria Argentina se destina a la exportación, siendo sus principales destinos los países del norte y centro de Europa, ya que éstos son grandes consumidores de espinacas. El cultivo de este vegetal tiene muy buenas expectativas de futuro, especialmente el cultivo para industria debido al creciente mercado europeo.²⁰

En cuanto a su morfología, luego de ser sembrada, en su primera fase, la espinaca forma una roseta de hojas de duración variable según condiciones climáticas y posteriormente emite el tallo. De las axilas de las hojas o directamente del cuello surgen tallitos laterales que dan lugar a ramificaciones secundarias, en las que pueden desarrollarse flores. Existen plantas masculinas, femeninas e incluso hermafroditas, que se diferencian fácilmente, ya que las femeninas poseen mayor número de hojas basales, tardan más en desarrollar la semilla y por ello son más productivas. Posee un sistema radicular de raíz pivotante²¹, poco ramificada y de desarrollo radicular superficial, su tallo es erecto de 30 cm a

¹⁷ Barbado J. L., Ob.cit., p. 5

¹⁸ Grass de la Fuente J., Ob. cit., p. 92

¹⁹ Consejo Federal de Ciencia y Tecnología, COFECYT, **Debilidades y desafíos tecnológicos del sector productivo. Hortalizas de hoja verde**, en: <http://www.cofecyt.mincyt.gob.ar>

²⁰ Véase en: <http://www.made-in-argentina.com/alimentos/hortalizas>

²¹ La raíz pivotante es aquella raíz en la que la primaria está más desarrollada que las secundarias.

1 m de longitud en el que se sitúan las flores. Las hojas son caulíferas²², más o menos alternas y pecioladas²³, de forma y consistencia muy variables, en función de la variedad, de color verde oscuro, pecíolo cóncavo y a menudo rojo en su base, con longitud variable, que va disminuyendo poco a poco a medida que soporta las hojas de más reciente formación y va desapareciendo en las hojas que se sitúan en la parte más alta del tallo. Las flores masculinas, agrupadas en número de 6 a 12 en las espigas terminales o axilares presentan color verde y están formadas por un periantio²⁴ con 4 o 5 pétalos y 4 estambres; las flores femeninas se reúnen en glomérulos axilares y están formadas por un periantio bi o tetradentado, con ovarios uniovulares, estilo único y estigma²⁵ dividido en 3-5 segmentos.

Soporta temperaturas por debajo de 0 °C, que si persisten bastante, además de originar lesiones foliares, producen una detención total del crecimiento, por lo que el cultivo no rinde lo suficiente. La temperatura mínima mensual de crecimiento es de aproximadamente 5 °C.

Las condiciones de iluminación y temperatura influyen decisivamente sobre la duración del estado de roseta. Al alargarse los días (más de 14 horas de luz diurna) y al superar la temperatura los 15 °C, las plantas pasan de la fase vegetativa (roseta) a la de “elevación” y producción (emisión de tallo y flores). La producción se reduce mucho si el calor es excesivo y largo el fotoperiodo, dado que las plantas permanecen en la fase de roseta muy poco tiempo, con lo que no se alcanza un crecimiento adecuado. La espinaca que se ha desarrollado a temperaturas muy bajas (5-15 °C de media mensual), en días muy cortos, típicos de los meses invernales, florecen más rápidamente y en un porcentaje mayor que las desarrolladas también en fotoperiodos cortos, pero con temperaturas más elevadas (15-26 °C). También las lluvias irregulares son perjudiciales para la buena producción y la sequía provoca una rápida elevación, especialmente si se acompaña de temperaturas elevadas y de días largos.

La espinaca es una especie bastante exigente en cuanto a suelo y prefiere terrenos fértiles, de buena estructura física y de reacción química equilibrada. Por tanto, el terreno debe ser fértil, profundo, bien drenado, de consistencia media, ligeramente suelto, rico en materia orgánica y nitrógeno, del que la espinaca es muy exigente. No debe secarse

²² Las hojas caulíferas son aquellas que crecen sobre el tallo.

²³ Son hojas pecioladas las que tienen pecíolo que puede tener diferentes tamaños, considerados normales, largos o cortos.

²⁴ El periantio es una estructura floral que corresponde a la envoltura que rodea a los órganos sexuales; constituye la parte no reproductiva de la flor.

²⁵ Se llama estigma a la parte del gineceo o pistilo que recibe el polen durante la polinización.

fácilmente, ni permitir el estancamiento de agua. En suelos ácidos con pH inferior a 6,5 se desarrolla mal, a pH ligeramente alcalino se produce el enrojecimiento del pecíolo y a pH muy elevado es muy susceptible a la clorosis.²⁶

Los cultivares se clasifican por sus características morfológicas, ya sea color, forma de la hoja, longitud del pecíolo; por su resistencia a la subida de flor y por su precocidad. Las variedades más precoces presentan una menor resistencia a la subida de flor, por lo tanto son empleadas en siembras a finales de verano y otoño-invierno. Las variedades menos precoces son más resistentes a la subida de flor y se siembran a finales de invierno y en primavera. Otras características varietales a destacar son la resistencia a mildiu,²⁷ *Peronospora farinosa*, *P. spinaceae*, *P. efusa*, y la resistencia al frío.

La variedad de hoja rizada se suele comercializar fresca, resiste muy bien el transporte y está adaptada para crecer en invierno. La de hoja lisa se comercializa congelada o enlatada y su consumo está más extendido que en el caso del tipo rizada.

Imagen N° 16: Variedades de espinaca.



Fuente: <http://www.made-in-argentina.com/alimentos/hortalizas>

La espinaca también se puede clasificar según la época del año en la que se siembra. Las variedades de verano son las más empleadas, se siembran en primavera y verano. Dentro de este grupo se encuentran la espinaca Rey de Dinamarca y la Cleanleaf. Las de invierno son de hoja triangular, más gruesas y resistentes que las de verano. Las más consumidas dentro de este grupo son las Broad-Leaved Princkly, Greenmarket y Monnopa.

²⁶ Véase en: <http://www.infoagro.com/hortalizas/espinaca.htm>

²⁷ El mildiu es una enfermedad que afecta a algunas plantas, producida por protistas fungoides Oomycetes de la familia Peronosporaceae. También se le da este nombre al organismo que la produce.

Así mismo, se comercializan otras variedades de espinaca que se dividen en función del color y la textura de sus hojas. Estas son espinaca Lagos, de color verde oscuro muy brillante; Martine, de hojas redondas y color verde muy oscuro; Taunus, con hojas de color verde brillante y gruesas, además de la variedad Viroflay, que presenta hojas lisas.²⁸

La recolección se inicia en las variedades precoces a los 40-50 días tras la siembra y a los 60 días después de la siembra con raíz incluida; oscilando las producciones óptimas entre 15 y 20 Tn/ha. Nunca se realiza después de un riego, ya que las hojas se ponen turgentes y son más susceptibles de romperse. Puede efectuarse de dos formas principalmente: manual o mecanizada. La recolección manual consiste en cortar las hojas más desarrolladas de la espinaca, dando aproximadamente 5 o 6 pasadas a un cultivo. Si se pretende comercializar plantas enteras, se corta cada planta por debajo de la roseta de hojas a 1 cm bajo tierra, en este caso se dará solo una pasada. Si la espinaca se destina a la industria la recolección será mecanizada empleando cosechadoras autopropulsadas. En algunas zonas se realiza un segundo corte unos 10-15 días más tarde de la primera recolección mecánica, dando lugar a una segunda cosecha. Sin embargo, la calidad del producto que se obtiene en este segundo corte es muy inferior.

En cuanto a la calidad post cosecha, la espinaca, tanto en manojo como en hojas, deben estar uniformemente verdes, totalmente túrgidas, limpias y sin serios daños. Cuando se encuentran en manojos, las raíces deben ser eliminadas y los pecíolos deben ser más cortos que la lámina de la hoja. La temperatura óptima es de 0 °C; y 95-98 % de humedad relativa. La espinaca es altamente perecedera y no mantendrá una buena calidad por más de 2 semanas, la marchitez, el amarilleamiento de las hojas y las pudriciones se incrementan con un almacenaje superior a 10 días.

Las normas de calidad para la espinaca destinada al mercado establecen que en todas las categorías las hojas de espinaca deben ser sanas, de aspecto fresco, limpias, prácticamente desprovistas de tierra, exentas de residuos visibles de abonos o de productos fitosanitarios, exentas de pináculo floral, exentas de olor y/o sabor extraños. Además, la espinaca lavada debe estar suficientemente escurrida. Para la espinaca en planta, la raíz debe estar cortada inmediatamente por debajo de la base de las hojas exteriores. Deben presentar un desarrollo suficiente y un estado tal que les permita soportar la manipulación y el transporte, responder en el lugar de destino a las exigencias comerciales.

Con respecto a su valor nutricional, la espinaca es una hortaliza con un elevado valor alimenticio y carácter regulador, debido a su elevado contenido en agua y riqueza en

²⁸ Véase en: <http://www.made-in-argentina.com/alimentos/hortalizas>

vitaminas y minerales.²⁹ Puede consumirse cruda o cocida, si la cocción es prolongada, 1 a 2 horas, se pierden sus nutrientes más importantes, casi totalmente. Si la cocción es breve, 30 a 40 minutos, la pérdida será aproximadamente de un 33 % si se aprovecha el agua de la cocción, y de un 66 % si ésta se tira; si la cocción es al vapor se conservan casi totalmente.

Cuadro N° 6: Composición nutritiva de la espinaca.

Composición nutritiva de la espinaca por 100 g de producto comestible (según Fersini, 1976; Wattt et al., 1975)	
Proteínas (g)	3.2 - 3.7
Lípidos (g)	0.3 - 0.65
Glúcidos (g)	3.59 - 4.3
Vitamina A (U.I.)	8.1 - 9.42
Vitamina B1 (mg)	110
Vitamina B2 (mg)	200
Vitamina C (mg)	59
Ácido fólico (mcg)	100 - 200
Calcio (mg)	81 - 93
Fósforo (mg)	51 - 55
Hierro (mg)	3.0 - 3.1
Valor energético (kcal)	26

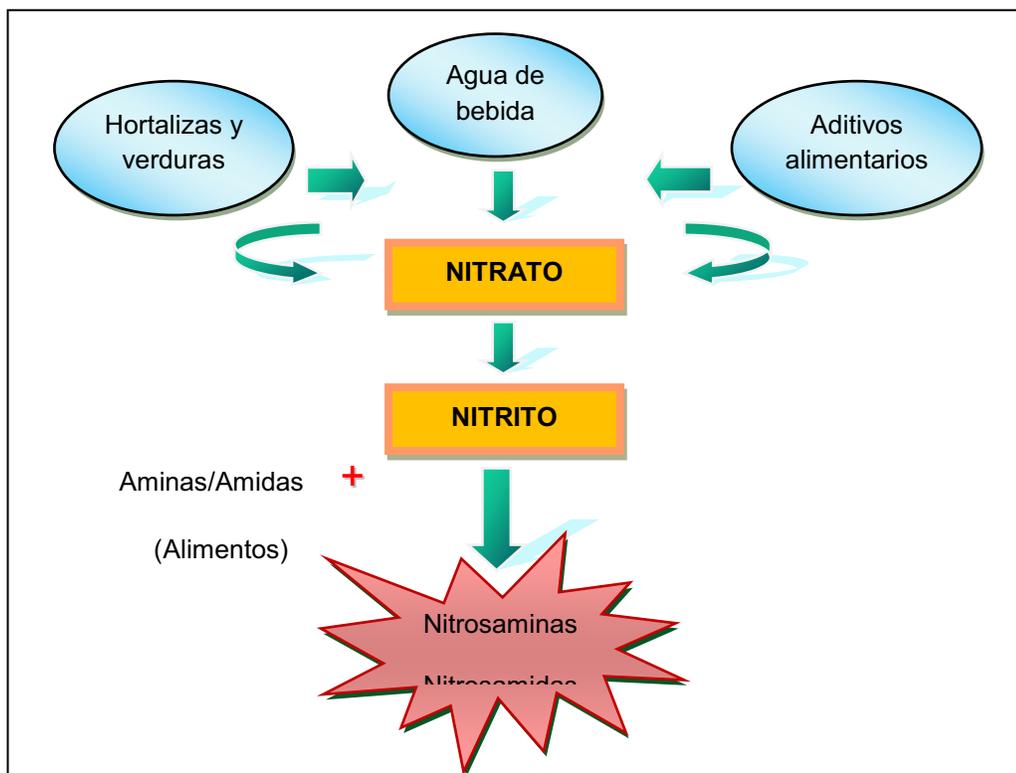
Fuente: <http://www.infoagro.com/hortalizas/espinaca.htm>

Por otro lado, los cultivos de hoja como la espinaca y la lechuga generalmente presentan elevadas concentraciones de nitratos, entre 800 y 3000 mg/kg. Estos compuestos están presentes en el medio ambiente de forma natural como consecuencia del ciclo del nitrógeno, siendo la principal fuente de exposición humana a nitratos el consumo de verduras y hortalizas, y en menor medida, el agua de bebida y otros alimentos. El nitrato en sí es relativamente poco tóxico, su toxicidad viene determinada por su conversión a nitrito y esto puede ocurrir por reducción bacteriana tanto en los alimentos durante el procesado y el almacenamiento, como en el propio organismo en la saliva y el tracto gastrointestinal. Los nitritos en sangre oxidan el hierro de la hemoglobina produciendo metahemoglobinemia, incapaz de transportar el oxígeno, complicación muy frecuente en bebés y conocida como “Síndrome del bebé azul”. Además, los nitratos reaccionan con los aminoácidos de los alimentos en el estómago, produciendo nitrosaminas y nitrosamidas, sustancias que podrían

²⁹ Véase en: <http://www.infoagro.com/hortalizas/espinaca.htm>

tener efectos cancerígenos.³⁰ Los N-nitrosocompuestos son agentes teratógenos, mutágenos y probables carcinógenos, altamente peligrosos para la salud humana, se originan como consecuencia de la reacción de las amins secundarias, aromáticas y alifáticas, con el ácido nitroso. Para valorar el riesgo de formación de nitrosaminas y nitrosamidas, se ha de tener en cuenta la presencia de inhibidores o potenciadores de las reacciones de nitrosación. Entre los primeros inhibidores de estas reacciones se encuentran las vitaminas C y E que son activas tanto en los alimentos como en el organismo.³¹

Gráfico N°4: Vías de exposición humana a nitratos y sus efectos en el organismo.



Fuente: http://www.aesan.msc.es/AESAN/web/cadena_alimentaria

En los suelos, los fertilizantes y vertidos residuales conteniendo nitrógeno orgánico son descompuestos para dar en un primer paso amonio (NH_4^+), que a continuación es oxidado a nitrito y a nitrato. Parte de este nitrato es absorbido por las plantas, que lo

³⁰Alexander J. y col., Nitrate in vegetables. Scientific Opinion of the Panel on Contaminants in the Food chain, **The EFSA (European Food Safety Authority) Journal**, 2008, vol. 689, p.1-79, en: http://www.efsa.europa.eu/EFSA/Scientific_Opinion/contam_ej_689_nitrate_en.pdf

³¹Fundación Vasca para la Seguridad Alimentaria, **Nitratos y nitritos en la alimentación humana**, Documento de la Fundación vasca para la seguridad alimentaria, 2006, p. 4, en: <http://www.elika.net/datos/riesgos/Archivo15/nitratos..pdf>

emplean en la síntesis de proteínas vegetales, pudiendo el resto pasar a las aguas subterráneas.

Resulta difícil estimar un promedio de ingesta de nitratos porque ésta depende de la dieta individual y del contenido de nitratos del agua potable, que también varía según las regiones e incluso según las estaciones. La ingesta total de nitratos de los alimentos oscila normalmente entre 50 y 150 mg/persona/día. Las dietas vegetarianas presentan un valor más elevado, del orden de 200 mg/persona/día, variando en función del tipo de verduras que consuman, en general, la principal fuente de ingestión de nitratos son los vegetales. La Ingesta Diaria Aceptable (IDA) de nitratos recomendada por el comité conjunto de la FAO/OMS es de 0-3,7 mg/kg peso corporal y se considera aceptable el producto que tiene menos de 2.500 mg/kg. Puesto que la toxicidad de los nitratos proviene de su conversión en nitritos y su posible formación endógena en N-nitrosocompuestos, deberá tenerse en cuenta también la IDA de nitritos, fijada en 0-0,06 mg/kg de peso corporal.³² El Código Alimentario Argentino establece desde 2005 que los alimentos con altos contenidos de nitratos deben presentar en su envase la leyenda “no suministrar a niños menores de un año”. Cabe destacar que al lavar y cocinar en agua los vegetales se ha observado una reducción del contenido de nitratos que puede llegar hasta un 75%.

Estudios como el de Conesa E. y colaboradores demuestran la variación en el contenido de nitratos en la espinaca cultivada sin suelo según la relación $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ de la solución nutritiva utilizada.

Cuadro N° 7: Influencia de la relación $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ de la solución en la cantidad de nitratos de la espinaca.

Relación $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ solución nutritiva	Nitratos (mg/kg P.F.)
100/0	4935.8
75/25	3978.7
50/50	3252.3
25/75	2731.3

Fuente: http://www.actahort.org/books/843/843_35.htm

El ácido ascórbico o vitamina C, además de actuar como un inhibidor de las reacciones de nitrosación, interviene en la formación de colágeno, glóbulos rojos, huesos y dientes, al tiempo que favorece la absorción del hierro de los alimentos y aumenta la resistencia frente las infecciones. Participa también en la formación de ciertos

³² Ibid, p.13

neurotransmisores como la serotonina, en la conversión de dopamina a noradrenalina, y en otras reacciones de hidroxilación que incluyen a los aminoácidos aromáticos y a los corticoides. Su concentración disminuye bajo situaciones de stress cuando hay mucha actividad de las hormonas de la corteza suprarrenal. Además, es un componente antioxidante que favorece la eliminación de los radicales libres generados por las células así como los provenientes del exterior. Los alimentos fuente de este nutriente son las frutas, principalmente los cítricos, y los vegetales de hoja verde como la espinaca. Esta vitamina es termolábil y sensible a la oxidación, en especial en presencia de cobre, hierro y pH alcalino. Su contenido también puede verse alterado en la espinaca hidropónica en relación a la proporción $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ de la solución nutritiva aplicada.

Cuadro N° 8: Influencia de la relación $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ de la solución en la cantidad de vitamina C.

Relación $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ solución nutritiva	Vit. C (mg/100 g P.F.)
100/0	13.7
75/25	30.5
50/50	23.8
25/75	23.0

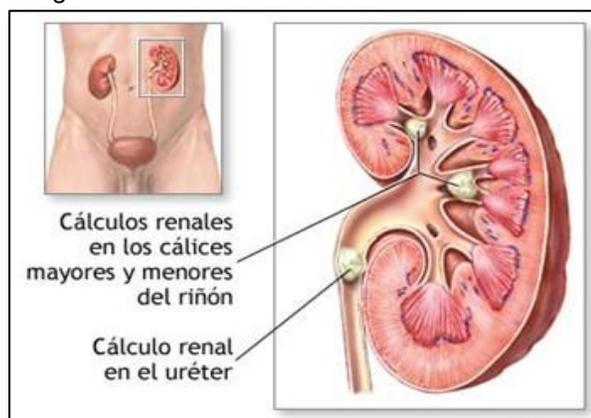
Fuente: http://www.actahort.org/books/843/843_35.htm

La espinaca también es un alimento con un elevado contenido de ácido oxálico,³³ puesto que éste se combina con cationes como el calcio (Ca^{2+}), hierro (Fe^{2+}) y magnesio (Mg^{2+}), se acumulan en el cuerpo los cristales de oxalato correspondientes, que por su forma, irritan los intestinos y los riñones y pueden causar problemas de salud. Una persona sana puede comer alimentos con oxalatos en cantidades moderadas, pero aquellas con enfermedades renales, gota, o artritis reumatoide, deben evitarlos. Los cristales de oxalato de calcio, comúnmente conocidos como "piedras en el riñón", obstruyen los conductos de los riñones. Del mismo modo, comer alimentos con una gran cantidad de calcio, junto con alimentos que contienen oxalato, produce la precipitación de oxalato de calcio en el tracto digestivo. La litiasis oxálica es muy frecuente, ya que cerca de la mitad de los cálculos de las vías urinarias son de oxalato de calcio. El hervido o escaldado pueden reducir por sólo 10 a 15 % el contenido de oxalatos de cualquier alimento.

³³ Torresani M.E., Somoza M.I., **Lineamientos para el cuidado nutricional**, Ed. Eudeba, Argentina, 2003, p. 582

Los oxalatos no sólo poseen la capacidad de formar compuestos insolubles con el calcio, siendo su inhibidor más potente, sino también con el hierro no hemínico, reduciendo así su absorción.³⁴

Imagen N° 17: Cálculos renales.



Fuente: <http://www.carenewengland.org/body>

Autores como Brogen y Savage, entre otros, han publicado valores de oxalatos hallados en espinaca, los cuales varían según el segmento de la planta analizada, el estado crudo o cocido y la estación de siembra.³⁵

Cuadro N° 9: Cantidad de oxalatos en espinaca según distintos autores.

Descripción	Total	Fuente
Espinaca cruda	970 mg oxalatos /100 g P. F.	Noonan y Savage 1999
Espinaca cruda	1959 mg oxalatos /100 g P. F.	Seiner 2006
Espinaca cruda	760–1800 mg oxalatos /100 g P. F.	Kawasu et. Al. 2003
Espinaca cruda (cultivo en otoño)	614.9 mg oxalatos /100 g P. F.	Kaminishi y Kita 2006
Espinaca cruda (cultivo en verano)	752.5 mg oxalatos /100 g P. F.	Kaminishi y Kita 2006
Espinaca cruda (cultivo en primavera)	890.3 mg oxalatos /100 g P. F.	Kaminishi y Kita 2006
Espinaca cruda (cultivo en invierno)	1092.9 mg oxalatos /100 g P. F.	Kaminishi y Kita 2006
Espinaca congelada	458 mg ácido oxálico /100 g P. F.	Zarembski y Hodkinson 1962
Espinaca hidropónica	2518, 5 mg oxalatos /kg P. F.	Conesa E. et al. 2009

Fuente: <http://oxalate.wikispaces.com/spinach>

³⁴ Massey, L. K., et al., Effect of Dietary Oxalate and Calcium on Urinary Oxalate and Risk of Formation of Calcium Oxalate Kidney Stones, **Journal of the American Dietetic Association**, vol. 93, p. 901-906, 1993

³⁵ Véase en: <http://oxalate.wikispaces.com/spinach>

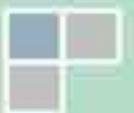
Estudios como el de Carrasco G. y colaboradores,³⁶ y el de Conesa E. y colaboradores,³⁷ demuestran la disminución en el contenido de nitratos y oxalatos en cultivos hidropónicos de lechuga y de espinaca y de colleja³⁸ respectivamente.

³⁶ Carrasco G. y col., Contenido de nitratos en lechugas cultivadas en sistemas hidropónicos, IDESA, **Publicación científica de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Tarapacá, Chile**; 2006; vol. 24, p. 25-30, en: http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-34292006000100005&script=sci_arttext

³⁷ Conesa E. y col., The influence of nitrate/ammonium ratio on yield quality and nitrate, oxalate and vitamin C content of baby leaf spinach and bladder campion plants grown in a floating system, **International Symposium on Soilless Culture and Hydroponics, Acta Horticulturae**; vol. 843, en: http://www.actahort.org/books/843/843_35.htm

³⁸ La colleja es una de las plantas nutricias autóctonas por excelencia en toda la región del Mediterráneo europeo, pudiendo consumirse las hojas y los tallos tiernos, incluso en crudo.

Diseño Metodológico



La presente investigación es de tipo descriptivo ya que se procede a la producción del cultivo hidropónico de espinaca y también del cultivo en suelo y posteriormente se analiza el grado de aceptación del producto en la población establecida y se miden y comparan, mediante análisis de laboratorio, otros aspectos del alimento en estudio como son su contenido de nitratos, oxalatos y vitamina C.

A su vez la investigación es prospectiva y transversal dado a que se registra la información a medida que van ocurriendo los fenómenos en un determinado momento.

La muestra sujeta a estudio está compuesta por un total de 120 encuestados, de ambos sexos, de entre 17 y 32 años de edad, de la carrera de Licenciatura en Nutrición de la Universidad FASTA, sede San Alberto Magno.

La unidad de análisis está constituida por cada alumno que participa de la degustación. También participan como unidad de análisis dos expertos para realizar la degustación del alimento.

Las variables sujetas a estudio son:

Variables relacionadas con el producto alimenticio:

- Cantidad de nitratos:
 - Definición conceptual: Contenido de nitratos expresado en miligramos, presente en el producto final por cada 100 gramos de alimento.
 - Definición operacional: Contenido de nitratos expresado en miligramos, presente en la espinaca producida por cada 100 gramos de alimento. La medición se lleva a cabo con el método de análisis ISO 7890-3.

- Cantidad de oxalatos:
 - Definición conceptual: Contenido de oxalatos, expresado en miligramos, presente en el producto final por cada 100 gramos de alimento.
 - Definición operacional: Contenido de oxalatos, expresado en miligramos, presente en la espinaca por cada 100 gramos de alimento.
La medición se lleva a cabo a través de la metodología HPLC – UV.

- Cantidad de vitamina C:
 - Definición conceptual: Contenido de vitamina C expresado en miligramos, presente en el producto final por cada 100 gramos de alimento.

- Definición operacional: Contenido de vitamina C expresado en miligramos, presente en la espinaca producida por cada 100 gramos de alimento. La medición se lleva a cabo por medio del ensayo titrimétrico.
- Aceptación:
 - Definición conceptual: Valoración que el consumidor realiza, recurriendo a su propia escala de experiencias, de la aceptación del producto, en consecuencia de la reacción del consumidor ante propiedades físicas y químicas del mismo.
 - Definición operacional: Valoración que el consumidor realiza, recurriendo a su propia escala de experiencias, de la aceptación de la espinaca, en consecuencia de la reacción del consumidor ante propiedades físicas y químicas de la misma. Se lleva a cabo por medio de una encuesta de aceptación del producto previa degustación del mismo.
- Caracteres organolépticos
 - ❖ Color:
 - Definición conceptual: Efecto de un estímulo sobre la retina, que el nervio óptico transmite al cerebro donde este último lo integra. Es un componente del aspecto del alimento.
 - Definición operacional: Efecto del estímulo de la espinaca sobre la retina, que el nervio óptico transmite al cerebro donde este último lo integra. Su evaluación se lleva a cabo mediante una encuesta de aceptación de la espinaca, previa degustación de la misma.
 - ❖ Olor:
 - Definición conceptual: Propiedad intrínseca de la materia, sensación resultante de la recepción de un estímulo por el sistema sensorial olfativo. Se refiere a una mezcla compleja de gases, vapores y polvo, donde la composición de la mezcla influye directamente en el olor percibido por un mismo receptor. Es un componente del denominado flavor de los alimentos junto con el gusto y las sensaciones táctiles.
 - Definición operacional: Propiedad intrínseca de la materia, sensación resultante de la recepción de un estímulo por el sistema sensorial olfativo. Se refiere a una mezcla compleja de gases, vapores, y polvo, donde la

composición de la mezcla influye directamente en el olor percibido por un mismo receptor. Su determina mediante una encuesta de aceptación de la espinaca, previa degustación de la misma.

❖ Sabor:

➤ Definición conceptual: Percepción del sabor al identificar determinadas sustancias solubles en la saliva por medio de algunas de sus cualidades químicas. Es un componente del denominado flavor de los alimentos.

➤ Definición operacional: Percepción del sabor de la espinaca al identificar determinadas sustancias solubles en la saliva por medio de algunas de sus cualidades químicas. Se lleva a cabo mediante una encuesta de aceptación de la espinaca, previa degustación de la misma.

❖ Textura:

➤ Definición conceptual: Propiedad que tienen las superficies externas de los objetos, así como las sensaciones que causan, que son captadas por el sentido del tacto.

➤ Definición operacional: Propiedad que tiene la superficie de la espinaca, así como las sensaciones que causa, que son captadas por el sentido del tacto. Se lleva a cabo por medio de una encuesta de aceptación de la espinaca, previa degustación de la misma.

- Grado de acuerdo entre observadores ante la evaluación del producto terminado:
 - Definición conceptual: Concordancia entre los observadores sobre la evaluación del producto terminado.
 - Definición operacional: Concordancia entre los observadores sobre la evaluación del producto terminado. Se lleva a cabo por medio de la comparación de la evaluación de cuatro características por dos expertos, previa degustación del producto.

Valores relacionados con la población a estudiar:

- Consumo de vegetales de hoja verde:
 - Definición conceptual: Ingesta habitual de vegetales de hoja verde que los individuos de la población incorporan en su alimentación.

- Definición operacional: Ingesta habitual de vegetales de hoja verde que los individuos de la población incorporan en su alimentación. Se lleva a cabo mediante una encuesta en donde se evalúan cuáles son los alimentos de este grupo más consumidos por la población en estudio y los motivos de su consumo.
- Grado de información sobre cultivos hidropónicos:
 - Definición conceptual: Información que tienen los individuos de la población acerca de los cultivos hidropónicos y sus características.
 - Definición operacional: Información que tienen los individuos de la población acerca de los cultivos hidropónicos y sus características. La evaluación se lleva a cabo mediante una encuesta en donde se pregunta si han consumido alimentos hidropónicos y se incluye una pregunta de múltiple elección con opciones sobre los atributos de dichos cultivos, siendo tres de ellas correctas, y según el número de coincidencias se evalúa el conocimiento del individuo.

Los datos necesarios para realizar la investigación son recabados a través de una encuesta dirigida a alumnos y docentes de la carrera Licenciatura en Nutrición de la Universidad FASTA, sede San Alberto Magno. Se plantean las mismas preguntas para cada encuestado.

Junto con la encuesta se entregan a cada participante dos ensaladas, una elaborada con espinaca cultivada en forma hidropónica y la otra con espinaca cultivada en suelo. La degustación de las mismas se realiza a ciegas ya que éstas son identificadas como Preparación 1 y Preparación 2 sin indicar su origen. Finalmente, se da a los encuestados una última pregunta para evaluar la aceptación de la espinaca hidropónica.

A continuación se presenta el consentimiento informado y la encuesta autoadministrada dirigida a los participantes.

CONSENTIMIENTO INFORMADO

La siguiente es una encuesta dirigida a los alumnos y docentes de la Universidad FASTA sede San Alberto Magno, de la ciudad de Mar del Plata, con el propósito de indagar sobre el conocimiento de los cultivos hidropónicos y la aceptación de los mismos, en este caso particular de la espinaca. La investigación es llevada a cabo por una alumna de la Universidad FASTA, formando parte de su trabajo de tesis para alcanzar el grado de Licenciatura en Nutrición.

Se garantiza el secreto estadístico y la confidencialidad de la información brindada. Por esta razón le solicitamos su autorización para participar de este estudio, que consiste en responder una serie de preguntas posteriores a la degustación de dos alimentos, uno obtenido por métodos hidropónicos de cultivo y otro cultivado en suelo.

La decisión de participar es voluntaria.

Agradezco desde ya su colaboración.

Natalia Errecart

Acepto participar de la encuesta sobre "Cultivo de espinaca hidropónica vs. espinaca cultivada en suelo".

Firma _____

Encuesta: "Cultivo de espinaca hidropónica vs. cultivo en suelo."

N° de encuesta: _____

Sexo: F___ M___ Edad: _____

1) ¿Consume habitualmente vegetales de hoja verde? (Si la respuesta es negativa ir a pregunta 4).

Si No

2) ¿Con qué frecuencia consume estos alimentos?

2 veces por semana o menos

3 – 5 veces por semana

6 veces por semana o más

3) ¿Por qué razones los consume?

- Por agrado
- Por sus beneficios para la salud
- Otros ¿Cuáles? _____

4) ¿Cuáles son los motivos por los que NO consume estos alimentos ? (Responder sólo si la respuesta de la pregunta 1 fue negativa, sino pasar a la pregunta 5)

- Por su sabor
- Por hábitos alimentarios
- Otros ¿Cuáles? _____

5) ¿Qué vegetales de hoja verde consume habitualmente?

- | | | | |
|----------|--------------------------|-----------|--------------------------|
| Acelga | <input type="checkbox"/> | Radicheta | <input type="checkbox"/> |
| Berro | <input type="checkbox"/> | Repollo | <input type="checkbox"/> |
| Espinaca | <input type="checkbox"/> | Rúcula | <input type="checkbox"/> |
| Lechuga | <input type="checkbox"/> | Otros | <input type="checkbox"/> |

6) ¿Ha consumido alguna vez alimentos cultivados hidropónicamente? En caso afirmativo especificar cuáles.

- Si No ¿Cuáles? _____

7) ¿Conoce en qué consisten las técnicas hidropónicas?

- Si No

8) Indique verdadero o falso según las características que considere asociadas o no a la hidroponía.

- | | |
|---------------------------------------------------|--------------------------|
| Cultivos más saludables | <input type="checkbox"/> |
| Se requieren lugares más amplios para su práctica | <input type="checkbox"/> |
| No posibilitan la producción contra estación | <input type="checkbox"/> |
| Menor uso de fertilizantes e insecticidas | <input type="checkbox"/> |
| Mayor consumo de agua | <input type="checkbox"/> |
| Menor contaminación | <input type="checkbox"/> |

Prueba de aceptación:

Luego de la degustación del producto, ¿cómo evalúa las siguientes características?
Marcar con una cruz en la escala según corresponda su evaluación.

A- COLOR:**Preparación Uno:**

				
No me gusta		Me es indiferente		Me gusta mucho
1		3		5

Preparación Dos:

				
No me gusta		Me es indiferente		Me gusta mucho
1		3		5

B- SABOR:**Preparación Uno:**

				
No me gusta		Me es indiferente		Me gusta mucho
1		3		5

Preparación Dos:



C- AROMA:

Preparación Uno:



Preparación Dos:



D- Textura:

Preparación Uno:



Preparación Dos:

E- ¿Cómo califica el producto que acaba de probar?

Preparación Uno:
Preparación Dos:

Sabiendo que la **Preparación Uno** contiene espinaca hidropónica...

¿La incluiría en su alimentación?

Si

No

Me es indiferente

- Si, lo incluiría...
 1. Por su sabor
 2. Por su valor nutritivo
 3. Porque es un alimento libre de fertilizantes e insecticidas
 4. Por costos
 5. Otros

¿Cuáles? _____

- No lo incluiría...
 1. Por su sabor
 2. Por su escaso valor nutritivo
 3. Por no considerarlo más sano que el cultivo tradicional
 4. Por costos
 5. Otros

¿Cuáles? _____

¡Muchas gracias!

Materiales y método

El ensayo se llevó a cabo en el patio de una vivienda, ubicada en la ciudad de Mar del Plata, dentro de un invernadero tipo túnel de 1,50 m de ancho por 3 m de largo, construido con nylon transparente de 150 μ y 3 varillas de hierro para dar forma a la estructura.

Imagen N° 18: Diseño del invernadero.



Fuente: Elaboración propia.

Para realizar el cultivo de espinaca sin suelo se utilizaron 8 cajones de madera de las siguientes dimensiones: 48 cm de largo x 32 cm de ancho x 15 cm de profundidad. Los mismos, forrados con polietileno negro de 100 μ y perforados en la base, se llenaron con turba de *Sphagnum* y arena de río en una proporción 1:1, sobre una delgada capa de granza.

Imagen N° 19: Turba *Sphagnum*.



Imagen N° 20: Arena de río.



Imagen N° 21: Cajón preparado.



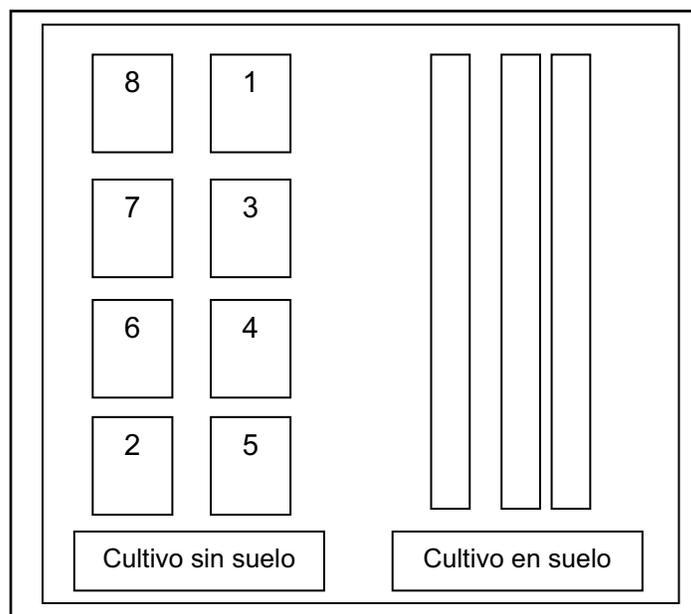
Fuente: Elaboración propia.

Fuente: Elaboración propia.

Fuente: Elaboración propia.

El cultivo en tierra se realizó directamente en el suelo, en 3 surcos de 2 m de largo y 10 cm de distancia entre cada uno. Los cajones de cultivo hidropónico se distribuyeron al azar, al lado de los surcos del cultivo en tierra.

Imagen N° 22: Diseño experimental.



Fuente: Elaboración propia.

Para ambos cultivos se utilizó semilla de *Spinacia oleracea L.*, variedad Bolero de la firma Seminis, por ser una de las variedades que usan los productores hortícolas de la zona de Mar del Plata. La siembra se realizó en forma directa tanto en los cajones como en el suelo el día 30 de junio, y la cosecha de ambos cultivos se llevó a cabo el 26 de septiembre.

El cultivo sin suelo se regó con solución nutritiva estándar. Para preparar la misma se utilizaron tres soluciones concentradas, presentándose a continuación sus características.

Cuadro N°10: Composición química de la solución nutritiva.

	Solución A	Solución B	Solución C
N (% anhídrido nítrico)	2	1	5
P (% pentóxido de P)	0	4	3
K (% óxido de potasio)	4	0	1

Fuente: Elaboración propia.

Las soluciones anteriores se diluyeron de la siguiente manera, 10 ml de A; 2,5 ml de B y 5 ml de C en 5 litros de agua. El pH de la solución final se ajustó a un valor de 5,8 utilizando 6 ml de ácido clorhídrico y la C.E. a 2,6 mS/cm².

A continuación se presentan algunas fotografías de los diferentes estadios de crecimiento de la espinaca cultivada sin suelo y en suelo.

Imagen N° 25: Cultivo sin suelo. Día 10°.



Fuente: Elaboración propia.

Imagen N° 26: Cultivo en suelo. Día 10°.



Fuente: Elaboración propia

Imagen N° 27: Cultivo sin suelo. Día 40°.



Fuente: Elaboración propia.

Imagen N° 28: Cultivo en suelo. Día 40°.



Fuente: Elaboración propia.

Imagen N° 29: Cultivo sin suelo al día de la cosecha.



Fuente: Elaboración propia.

Imagen N° 30: Cultivo en suelo al día de la cosecha.



Fuente: Elaboración propia.

Luego de la cosecha se llevó a cabo la degustación de ambas ensaladas, identificadas como Preparación 1 y Preparación 2, sin indicar su origen.

Imagen N° 31: Degustación de las ensaladas.

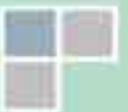


Fuente: Elaboración propia.

Los encuestados probaron ambas muestras para caracterizar cuatro caracteres organolépticos, siendo estos color, sabor, aroma y textura y otorgaron una calificación final en cada caso para luego compararlas entre sí.

El mismo día, se llevaron las muestras al laboratorio para realizar las determinaciones bioquímicas establecidas.

Análisis de datos



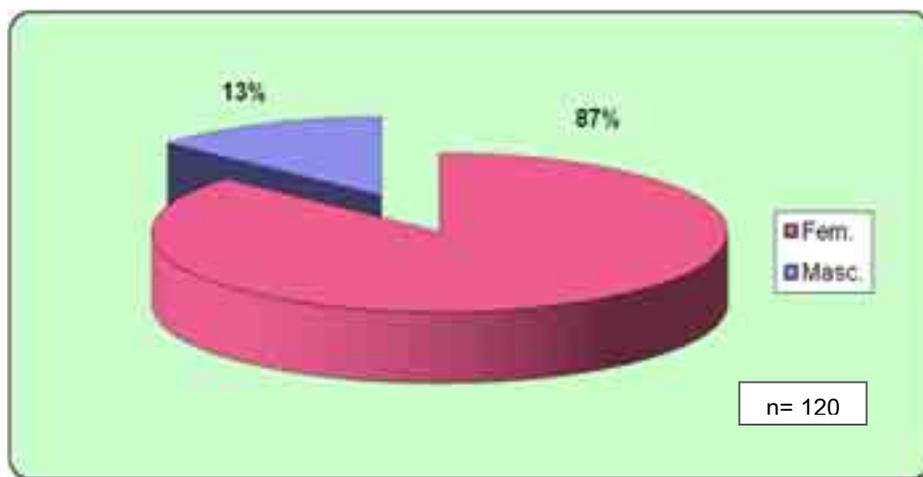
Con el objetivo de investigar sobre el consumo de vegetales de hoja verde e indagar el grado de información de la muestra en estudio acerca de la hidroponía y sus características se plantea el siguiente trabajo de campo en el que, a través de una encuesta autoadministrada, se busca cumplir con los objetivos planteados anteriormente. Como complemento, se realiza una degustación de dos ensaladas, una elaborada con espinaca hidropónica y la otra con espinaca cultivada en suelo, con el fin de evaluar el grado de aceptación de los distintos cultivos obtenidos.

En la encuesta mencionada participa un grupo de 120 personas, pertenecientes a la carrera Licenciatura en Nutrición, de la Universidad FASTA.

Se presentan en este capítulo los resultados obtenidos luego del análisis de datos correspondiente.

El siguiente gráfico detalla la distribución por sexo de los encuestados.

Gráfico N° 1: Distribución por sexo. Mar del Plata 2011.

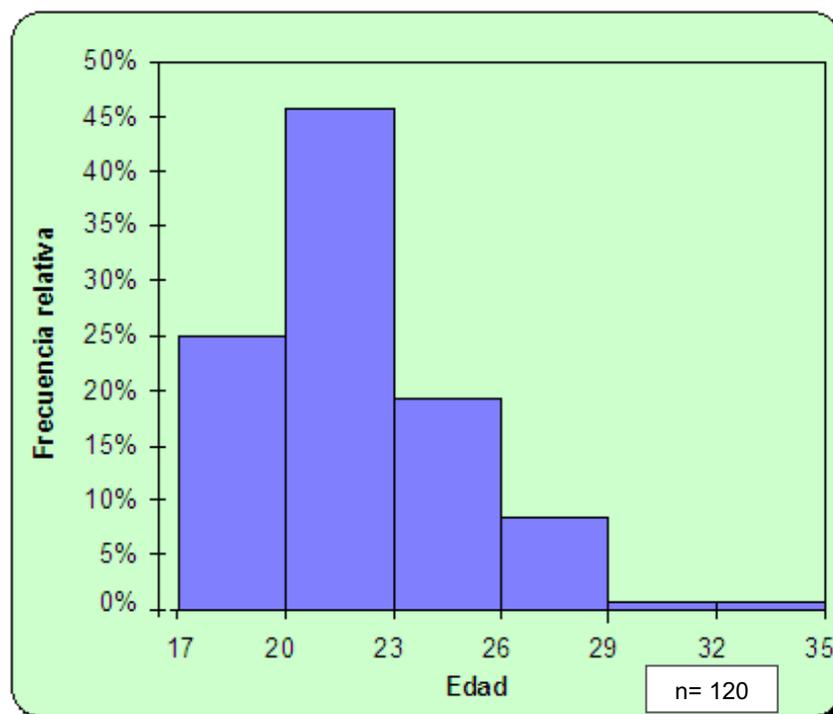


Fuente: Elaboración propia.

Los resultados indican que el 87 % de la muestra es de sexo femenino.

Posteriormente se analiza la edad de los encuestados, reportándose los siguientes valores.

Gráfico N° 2: Distribución por edades. Mar del Plata 2011.

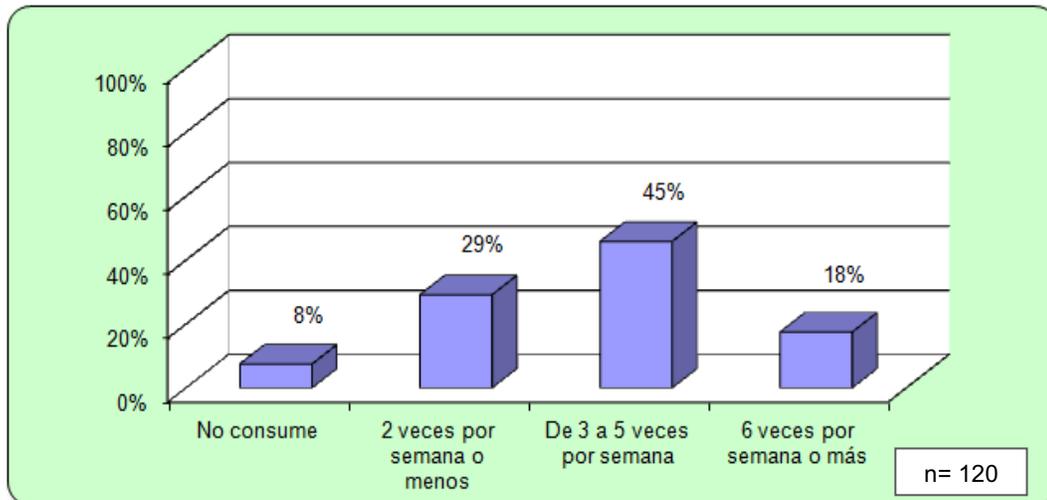


Fuente: Elaboración propia.

La muestra encuestada tiene una edad comprendida entre los 17 y 32 años, siendo el promedio de edad de 21 años; aproximadamente el 46% de la muestra se ubica en el rango etario comprendido entre los 20 y 23 años.

Luego se consulta a los participantes si consumen habitualmente vegetales de hoja verde pidiendo, además, que indiquen con qué frecuencia lo hacen. Los resultados se detallan a continuación.

Gráfico N° 3: Frecuencia de consumo. Mar del Plata 2011.

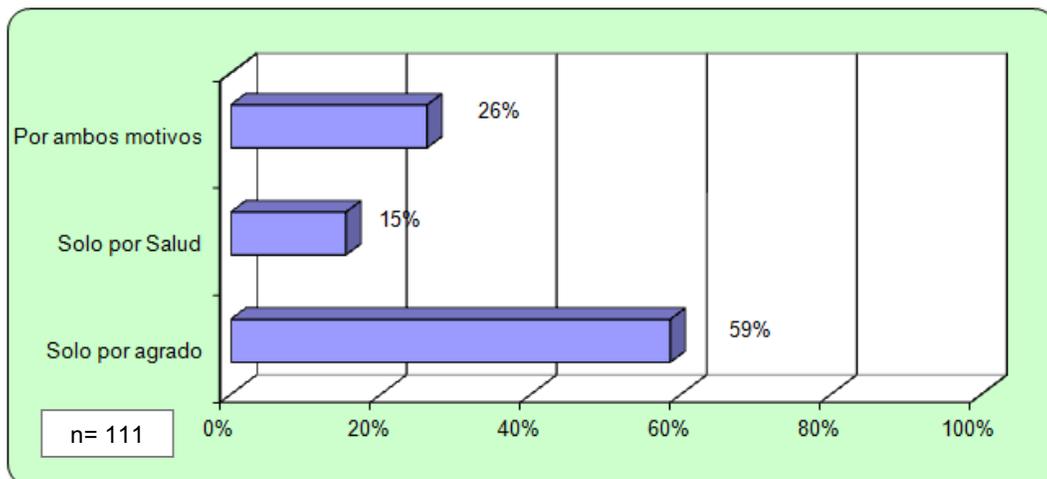


Fuente: Elaboración propia.

El 92 % de los participantes de la encuesta manifiesta consumir vegetales de hoja verde, y el 8 % asegura no hacerlo. Entre aquellas personas que consumen este tipo de alimentos el 45 % lo hace entre tres y cinco veces por semana, el 29 % dos veces por semana o menos y el 18 % seis veces por semana o más.

A continuación se consulta por qué motivos consumen estos alimentos.

Gráfico N° 4: Motivos de consumo. Mar del Plata 2011.



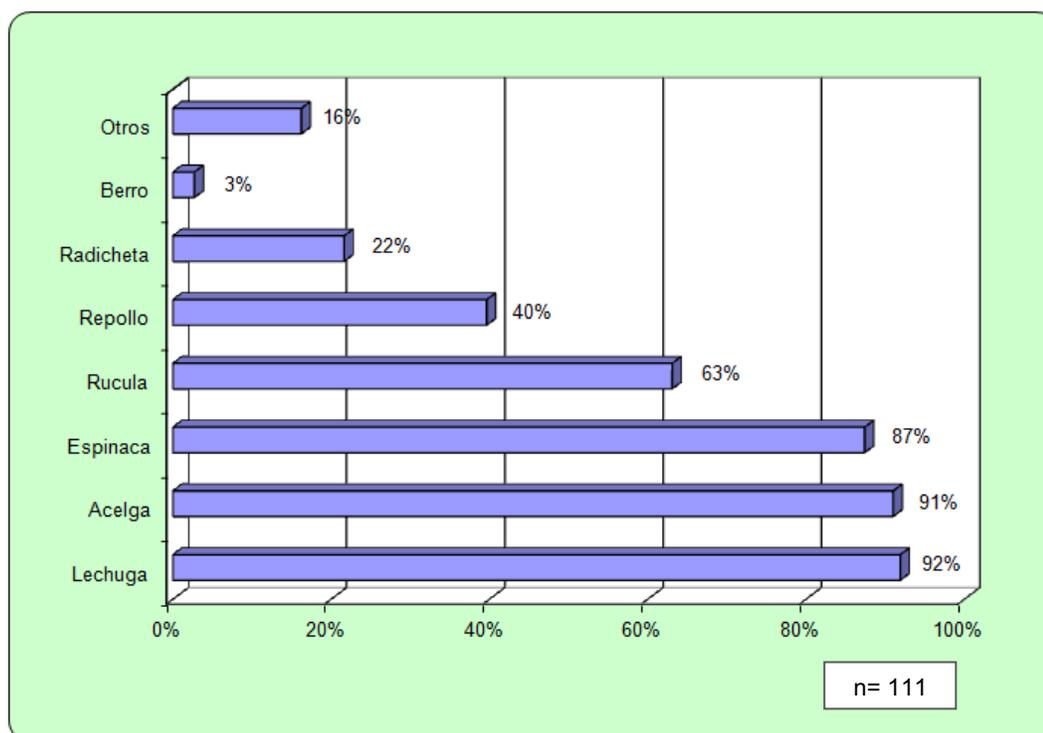
Fuente: Elaboración propia.

Del gráfico anterior surge que el 59 % de la población refiere consumir vegetales de hoja verde sólo por agrado; el 15 % dice hacerlo sólo por sus beneficios para la salud y el 26 % manifiesta que los consume por ambos motivos.

Quienes no comen esta variedad de vegetales expresa no hacerlo porque estos no forman parte de su alimentación habitual.

A las personas que afirman consumir vegetales de hoja verde se les pregunta cuáles son los que consumen habitualmente.

Gráfico N° 5: Vegetales de hoja verde de consumo habitual. Mar del Plata 2011.



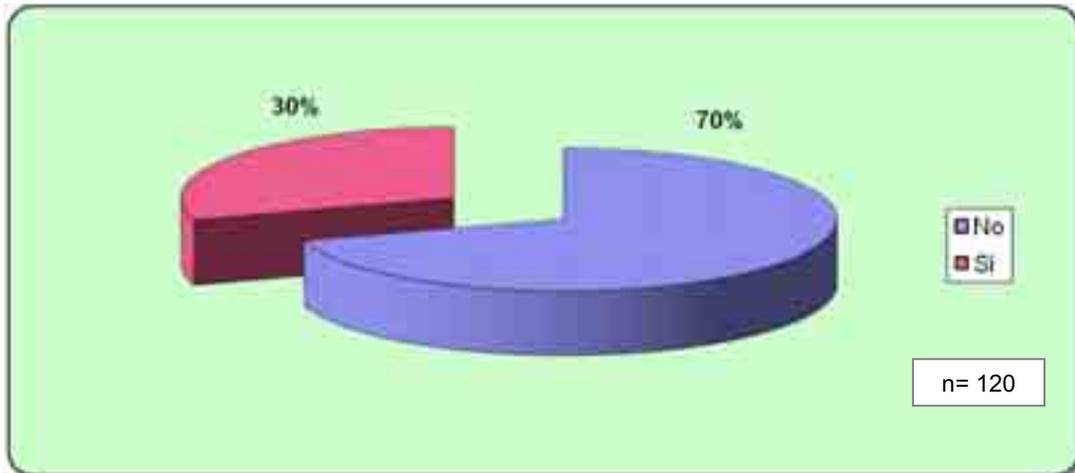
Fuente: Elaboración propia.

Dentro de las opciones preestablecidas, más del 80 % de las personas opta por la lechuga, acelga y espinaca siendo los vegetales con mayor cantidad de respuestas positivas. Luego se ubican la rúcula, el repollo y la radicheta con valores superiores al 20 %. Por último el berro, con un 3 %; y un 16 % refiere consumir también otros vegetales de hoja verde.

Al preguntar a los encuestados si han consumido alguna vez alimentos cultivados en forma hidropónica un 97 % de ellos responde que no, un 2 % no sabe y sólo el 1 % asegura haber consumido alimentos obtenidos de esta forma.

Cuando se consulta a los participantes si creen conocer en que consisten las técnicas hidropónicas de cultivo, se obtienen los siguientes resultados.

Gráfico N° 6: Conocimiento de las técnicas hidropónicas. Mar del Plata 2011.

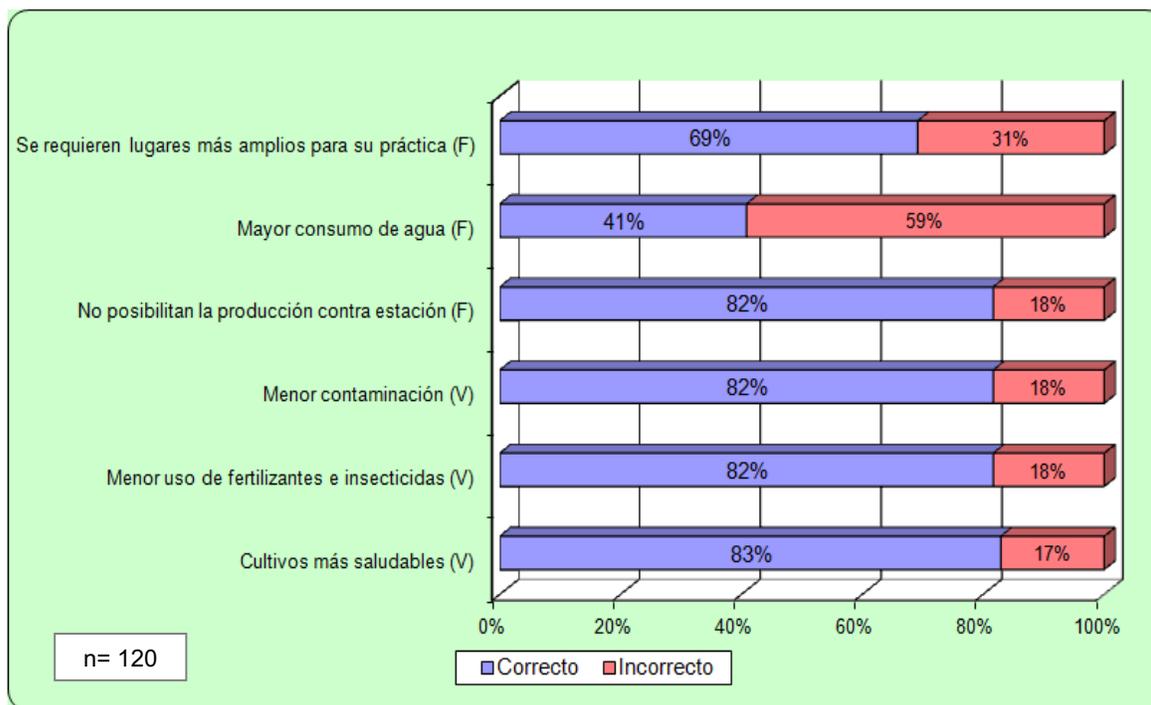


Fuente: Elaboración propia.

Los resultados indican que un 70 % de la muestra manifiesta no conocer en que consiste la hidroponía y un 30 % cree saberlo.

Con el objetivo de evaluar el grado de información de los encuestados acerca de las técnicas hidropónicas se incluye una pregunta de múltiple elección con seis opciones sobre los atributos de dichos cultivos, siendo sólo tres de ellas verdaderas, “Menor contaminación”, “Menor uso de fertilizantes e insecticidas” y “Cultivos más saludables”.

Gráfico N° 7: Grado de información sobre las técnicas hidropónicas. Mar del Plata 2011.



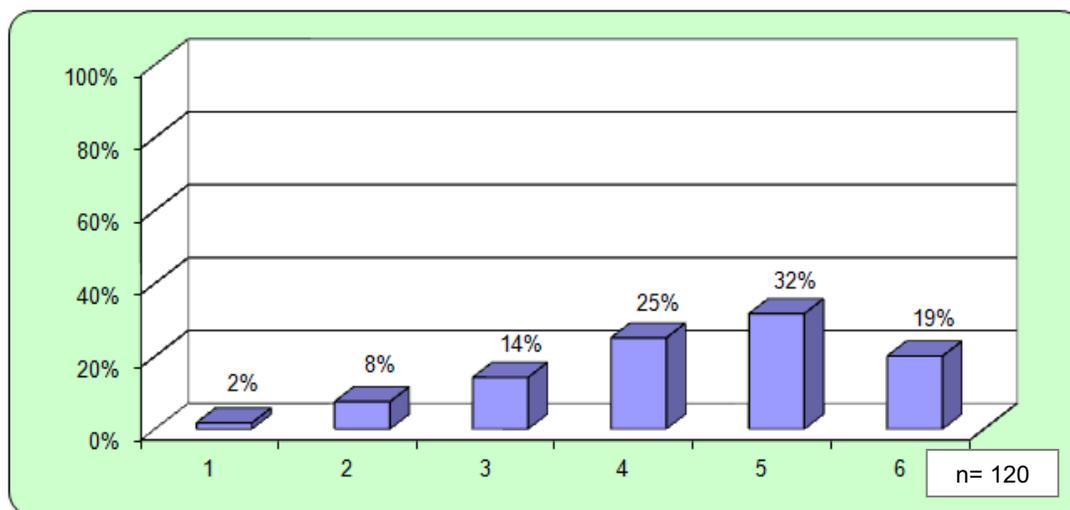
Fuente: Elaboración propia.

Como muestra el gráfico anterior aproximadamente el 82 % de los participantes responde correctamente a las opciones “Menor contaminación”, “Menor uso de fertilizantes e insecticidas” y “Cultivos más saludables”.

Respecto de las opciones falsas o incorrectas, el 82 % reconoce que sí es posible la producción contra estación, un 69 % identifica que no se requieren lugares más amplios para su práctica y sólo un 41 % reconoce que este tipo de cultivos utiliza menor consumo de agua.

Posteriormente se analiza la distribución de la muestra con respecto al conocimiento de las características de la hidroponía. Para esto se considera el número de afirmaciones correctamente identificadas de la pregunta anterior. Los resultados son los siguientes.

Gráfico N° 8: Distribución de la muestra respecto de la cantidad de características correctamente identificadas. Mar del Plata 2011.



Fuente: Elaboración propia.

El análisis del gráfico anterior establece que aquellos con un total de cinco respuestas correctas constituyen la mayor proporción con un 32 %, aquellos que identificaron bien cuatro características llegan a un 25 %, seguidos por el 19 % constituido por quienes identificaron correctamente las seis opciones.

La cantidad de características correctamente identificadas en promedio es 4,4.

La siguiente etapa de la encuesta es la evaluación sensorial y prueba de aceptación previa degustación de dos preparaciones, una ensalada elaborada con espinaca hidropónica y otra con espinaca cultivada en suelo. La degustación de las mismas se realiza a ciegas ya que éstas son identificadas como Preparación 1 y Preparación 2 respectivamente sin indicar su origen. De esta forma se pide a los encuestados que califiquen los diferentes caracteres organolépticos, color, sabor, aroma y textura, por medio de una escala hedónica de cinco puntos. También se solicita que otorguen una puntuación a las ensaladas degustadas utilizando la misma escala.

Con el objetivo de llevar a cabo la comparación entre valores promedio de una y otra muestra respecto de los caracteres organolépticos se realiza en cada caso un test de hipótesis para comparación de medias. Considerando que es un mismo observador el que

degusta las dos preparaciones, la prueba pertinente es un test t de comparación de medias para muestras apareadas.¹

El primer carácter organoléptico a evaluar es el color, factor muy importante para valorar la calidad de un alimento. En este caso se obtienen valores medios de 3,983 y 3,833 para la Preparación 1 y 2 respectivamente. Al realizar el test de hipótesis se obtiene un p-valor de 0,092; como el p-valor calculado es mayor que el nivel de significación alfa 0,05 no se puede rechazar la hipótesis nula, es decir, no existe evidencia para creer que la diferencia de las medias sea distinta de 0 por lo cual no hay diferencias en cuanto a la calificación del color para ambas preparaciones. (Ver Anexo I)

Luego se analiza la percepción de los encuestados con respecto al sabor, es decir la sensación que produce el alimento en las papilas gustativas presentes en la lengua permitiendo diferenciar un alimento de otro. En el caso del sabor, se obtienen valores medios de 4,333 y 3,492 para las muestras 1 y 2 respectivamente. Al efectuar el test de hipótesis se obtiene un p-valor menor a 0,0001, por lo que se debe rechazar la hipótesis nula, es decir, existe evidencia para creer que la verdadera diferencia de medias es distinta de cero. Así se pudo concluir que es significativamente mayor la calificación respecto del sabor obtenida por la ensalada hidropónica. (Ver Anexo II)

Posteriormente se lleva a cabo el análisis respecto del aroma que consiste en la percepción de las sustancias olorosas y aromáticas del alimento. En este caso, se obtienen valores medios de 3,367 y 3,250 para las preparaciones 1 y 2 respectivamente. Al efectuar el test de hipótesis se obtiene un p-valor de 0,023, como el p-valor computado es menor que el nivel de significación alfa 0,05 se debe rechazar la hipótesis nula. De este análisis surge que el promedio en la calificación de la ensalada de espinaca hidropónica, respecto del aroma, es significativamente mayor a la obtenida por la ensalada de espinaca cultivada en suelo. (Ver Anexo III)

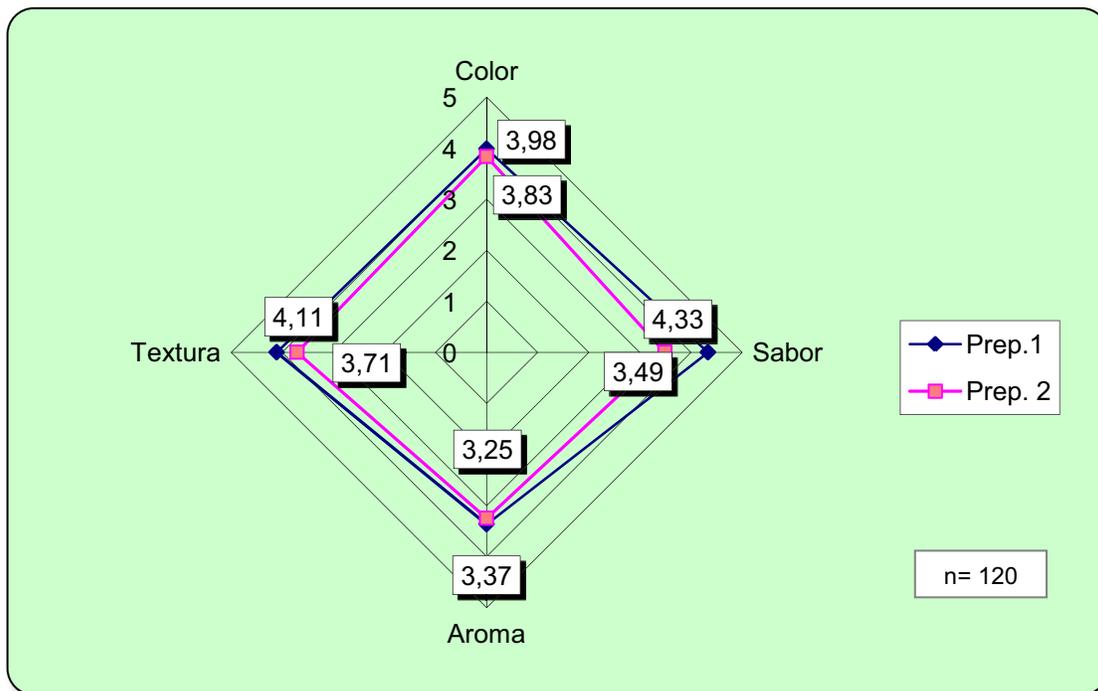
La última propiedad organoléptica a evaluar es la textura, que es la propiedad de los alimentos apreciada por los sentidos del tacto, la vista y el oído y se manifiesta cuando el alimento sufre una deformación. Las medias calculadas para este atributo son de 4,108 para la Preparación 1 y 3,708 para la Preparación 2. Como el p-valor computado es 0,001, el cual es menor que el nivel de significación se debe rechazar la hipótesis nula, es decir, existe evidencia para creer que las calificaciones medias en cuanto a la textura son diferentes entre

¹ El test t de comparación de medias para muestras apareadas es una prueba de significación estadística paramétrica para contrastar la hipótesis nula respecto a la diferencia entre dos medias. Se aplica cuando los valores que toma la variable son medidos en la misma muestra pero en dos momentos distintos.

sí, obteniendo mejor valoración la Preparación 1 elaborada con el cultivo sin suelo de espinaca. (Ver Anexo IV)

En función de los resultados anteriores, se puede apreciar que para aquellos caracteres organolépticos donde se registran diferencias significativas, la Preparación 1, que es la que contiene espinaca hidropónica, obtiene los mejores valores promedio. A continuación se representan los valores medios de cada uno de los caracteres organolépticos para ambas preparaciones.

Gráfico N° 9: Valores medios de los caracteres organolépticos. Mar del Plata 2011.



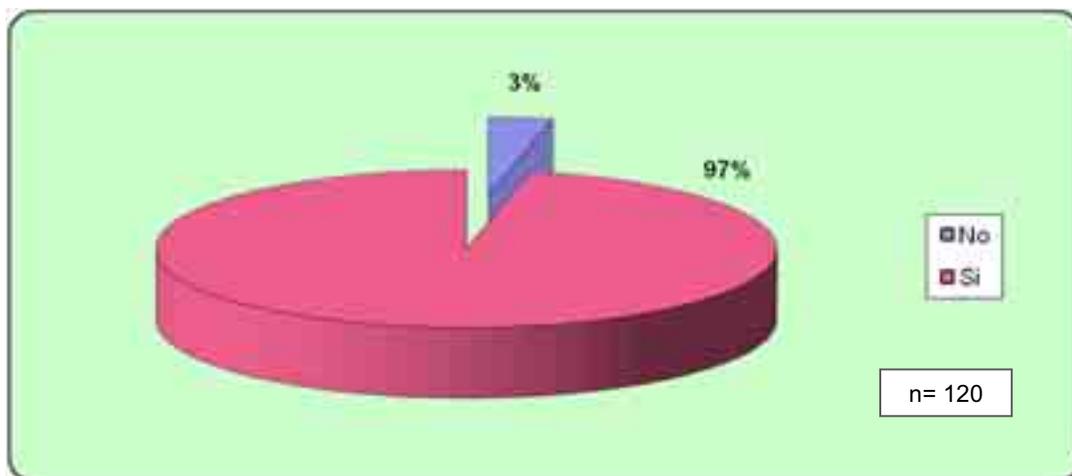
Fuente: Elaboración propia.

Finalmente se evalúa el grado de aprobación y/o preferencia que demuestra el consumidor en relación a la incorporación del producto, recurriendo a su propia escala interna de experiencias. Para esto se utiliza una escala hedónica donde se designa el valor 1 a "No me gusta" y 5 a "Me gusta mucho". En el caso de la Preparación 1 se obtiene un valor medio de 4,383 y para la Preparación 2 un valor de 3,717. Como el p-valor computado es menor a 0,0001 y por lo tanto menor que el nivel de significación se debe rechazar la hipótesis nula. Es decir, existe evidencia para creer que las calificaciones medias en cuanto al alimento degustado son diferentes entre sí, obteniendo mejor puntaje la Preparación 1 elaborada con el cultivo sin suelo de espinaca. (Ver Anexo V).

Como complemento se lleva a cabo la evaluación de las cuatro características organolépticas por dos expertos en evaluación sensorial, previa degustación de ambas preparaciones. Para los atributos color, sabor y textura resulta mejor calificada la Preparación 1, elaborada con espinaca cultivada sin suelo. En el caso del aroma se observa la misma valoración de las dos preparaciones por ambas personas. En cuanto a la calificación final los expertos en evaluación sensorial coinciden con los alumnos encuestados otorgando una mayor calificación a la Preparación 1.

Para finalizar la encuesta, luego de la degustación y calificación de los caracteres organolépticos, se entrega a los participantes una última pregunta, donde se interroga si incluirían en su alimentación la Preparación 1, elaborada con el cultivo sin suelo de espinaca y los motivos por los que lo harían. Los resultados se observan a continuación.

Gráfico N° 10: Inclusión de espinaca hidropónica. Mar del Plata 2011.

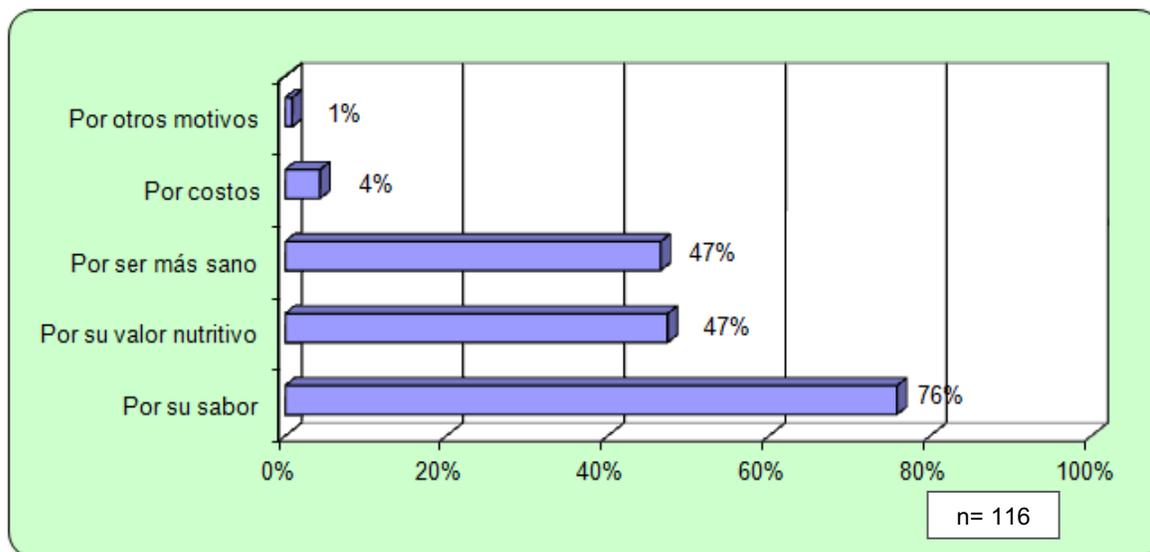


Fuente: Elaboración propia.

De las 120 personas encuestadas, 116 afirman que optarían por la espinaca hidropónica como una alternativa a incluir en su alimentación habitual.

Entre quienes respondieron afirmativamente a la pregunta anterior, se indaga sobre los motivos por los cuales incluirían este alimento, obteniéndose los resultados que se observan a continuación.

Gráfico N° 11: Motivos de inclusión de espinaca hidropónica. Mar del Plata 2011.



Fuente: Elaboración propia.

El gráfico anterior arroja que el 76 % de los encuestados incluiría la espinaca hidropónica en su alimentación por su sabor; el 47 % lo haría por su valor nutritivo y por considerarlo un alimento sano, libre de fertilizantes e insecticidas; un 4 % por costos y sólo un 1 % por otros motivos.

Con el fin de analizar y comparar entre la espinaca hidropónica y la cultivada en suelo los valores de nitratos, oxalatos y vitamina C se efectúan los análisis de laboratorio correspondientes.

Para el análisis del contenido de nitratos y oxalatos se recogen 250 g de material por cada tratamiento, que se colocan en una estufa a 60° C hasta estar totalmente seco. Una vez que el material está seco, se procede a su trituración con una trituradora Moulinex hasta que las hojas quedan en polvo. La extracción de los nitratos y oxalatos se realiza a partir de 0,2 g de hojas secas en polvo, tres repeticiones por cada tratamiento. Posteriormente se añaden 50 ml de agua destilada, siendo después agitadas por un agitador Orbital Shaker Modelo 481 durante 40 minutos, a una temperatura de 50° C y a 117 rpm. A continuación, los extractos son filtrados utilizando embudos y filtros DP 145 y 110 y llevados para analizar a un Cromatógrafo Iónico (Metron HM columna 838-861). Luego, las muestras entran en un período de incubación, a una temperatura aproximada de 0° C. Una vez terminada la incubación, las muestras se colocan en una centrifugadora Eppendorf Centrifuge 5810 R por un período de 20 minutos, con una temperatura de 5° C y 4000 rpm. Por último, el extracto limpio de las muestras se analiza por HPLC. Las mediciones se informan como contenido de nitratos en mg/100 g y ácido oxálico en mg/100 g.²

El contenido de ácido ascórbico o vitamina C se determina por el ensayo titrimétrico descrito por Roura y col. (2003). Dos muestras de 20 g de tejido de espinaca son extraídas y procesadas con 100 ml de ácido oxálico al 2% durante 3 minutos utilizando un homogenizador, manteniendo la temperatura en el rango de 0 a 5°C. Luego son llevadas a un volumen de 250 ml con ácido oxálico al 2% y filtradas a través de papel de filtro Whatman n° 42. Alícuotas de 5 ml de filtrado son tituladas independientemente con 2,6-dicloroindofenol hasta el viraje de color, que para el caso del homogenato de color verde de la espinaca es hasta la obtención de un color oliváceo en la alícuota. El contenido de ácido ascórbico de cada muestra de espinaca es informado en base húmeda (mg/100 g de tejido fresco). Las mediciones, en este caso, se llevan a cabo el día de cosecha y a los siete días de almacenamiento ya que la vitamina C es un elemento extremadamente lábil.³

² Análisis realizados en el Instituto de análisis Fares Taie por la Lic. en Cs. Biológicas Sandra K. Medici.

³ Análisis realizados en la Facultad de Ingeniería por la Dr. Sara Roura y la Ing. en Alimentos Gabriela E. Viacava, integrantes del Grupo de Investigaciones en Ingeniería en Alimentos.

Los resultados obtenidos respecto del análisis de laboratorio de la espinaca cultivada sin suelo se observan a continuación.

Cuadro N° 11: Comparación del contenido de nitratos, ácido oxálico y vit. C en Cultivo de espinaca sin suelo.

Denominación	Resultados teóricos	Resultados de laboratorio Cultivo sin suelo
Nitratos (mg/100 g P.F.)	325,3	105,4
Ácido oxálico (mg/100 g P.F.)	2518, 5	905
Vit. C (mg/100 g P.F.)	23,8	Día 0: 39,34
		Día 7: 40,06

Fuente: Elaboración propia.

El análisis de los datos anteriores arroja que tanto para nitratos como oxalatos los valores de laboratorio hallados en las muestras analizadas son menores a los resultados teóricos y en ambos casos se encuentran dentro de los valores permitidos para la espinaca.

En el caso de la vitamina C o ácido ascórbico, se observan valores más elevados que los de referencia tanto al día 0 como al día siete de almacenamiento.

Los resultados obtenidos respecto del análisis de laboratorio de la espinaca cultivada sin suelo se observan a continuación.

Cuadro N° 12: Comparación del contenido de nitratos, ácido oxálico y vit. C en Cultivo de espinaca en suelo.

Denominación	Resultados teóricos	Resultados de laboratorio Cultivo en suelo
Nitratos (mg/100 g P.F.)	80 - 300	191,8
Ácido oxálico (mg/100 g P.F.)	458	777,5
Vit. C (mg/100 g P.F.)	59	Día 0: 50,29
		Día 7: 35,07

Fuente: Elaboración propia.

Del análisis del cuadro anterior surge que los valores de nitratos y ácido ascórbico hallados son menores a los de referencia. En el caso específico de la vitamina C, se observa una clara disminución del valor inicial con respecto a los siete días de almacenamiento.

En cuanto al ácido oxálico se obtiene un valor mayor que el de referencia.

Las diferencias entre los resultados teóricos y los obtenidos pueden deberse entre otras cosas a las muestras empleadas, la manipulación de las mismas e incluso a las soluciones nutritivas empleadas en cada caso.

Finalmente se analizan y comparan entre sí los valores hallados en cada tipo de cultivo.

Cuadro N° 13: Comparación del contenido de nitratos, ácido oxálico y vit. C en Cultivo de espinaca sin suelo y en suelo.

Denominación	Resultados de laboratorio Cultivo sin suelo	Resultados de laboratorio Cultivo en suelo
Nitratos (mg/100 g P.F.)	105,4	191,8
Ácido oxálico (mg/100 g P.F.)	905	777,5
Vit. C (mg/100 g P.F.)	Día 0: 39,34 \pm 7,04	Día 0: 50,29 \pm 4,51
	Día 7: 40,06 \pm 3,02	Día 7: 35,07 \pm 5,84

Fuente: Elaboración propia.

Al analizar los datos anteriores se puede concluir que en el caso del contenido de nitratos es mayor el valor encontrado en la espinaca cultivada en suelo. Cabe destacar que ambos valores se encuentran dentro de los valores promedio de referencia permitidos para la alimentación.

El contenido de ácido oxálico se puede observar mayor en la espinaca hidropónica que en la de suelo.

En el caso de la vitamina C, no hay diferencias significativas en su contenido, teniendo en cuenta las desviaciones estándar asociadas, entre las plantas de tierra e hidroponía, pero sí respecto del día. A cosecha (día 0) se obtienen los mayores valores de ácido ascórbico. Siendo la vitamina C, una vitamina extremadamente lábil es un resultado lógico una degradación de la misma durante el almacenamiento.

A modo de complemento se analizan otros índices de calidad para ambos cultivos, siendo estos contenido de agua, clorofila, carotenos, contenido de polifenoles, capacidad antioxidante, contenido de bacterias Mesófilas, Psicrófilas, Hongos y Levaduras, bacterias Ácido lácticas y Enterobacterias.⁴

Los datos que se muestran a continuación corresponden al valor promedio del índice indicado. El contenido de agua se expresa como porcentaje (%) de agua total que posee el

⁴ Análisis realizados en la Facultad de Ingeniería por la Dr. Sara Roura y la Ing. en Alimentos Gabriela E. Viacava, integrantes del Grupo de Investigaciones en Ingeniería en Alimentos.

tejido; el contenido de clorofila se expresa como miligramos de clorofila por cada 100 gramos de peso fresco (mg/100g PF); el contenido de carotenos totales es expresado como miligramos de carotenos por cada 100 gramos de peso fresco (mg/100g PF); el contenido de polifenoles totales se expresa como miligramos de ácido gálico por cada 100 gramos de peso fresco (mg/100g PF); la capacidad antioxidante se expresa como la concentración de extracto de espinaca (en gramos/mililitros de etanol) necesaria para reducir en un 50% la concentración del radical libre DPPH y el contenido de Mesófilas, Psicrófilas, Hongos y Levaduras, Bacterias Ácido Lácticas y Enterobacterias es expresado como unidades formadoras de colonia por mililitro (ufc/mL).

Cuadro N° 14: Comparación Índices de calidad de espinaca de suelo e hidropónica.

índice	Día	Espinaca de Tierra	Espinaca Hidropónica
Contenido de agua	0	88,96	88,51
	7	90,19	90,69
Clorofila	0	73,70	73,61
	7	87,44	72,65
Carotenos	0	25,62	26,07
	7	30,26	24,92
Contenido de polifenoles	0	80,44	107,65
	7	74,25	104,46
Capacidad antioxidante	0	0,21	0,15
	7	0,28	0,18
Mesófilas	0	5,73	5,46
	7	7,36	6,97
Psicrófilas	0	6,73	6,40
	7	6,22	5,61
Hongos y levaduras	0	6,26	6,30
	7	6,57	5,83
Bacterias ácido lácticas	0	2,39	2,84
	7	3,94	3,04
Enterobacterias	0	5,73	4,45
	7	7,66	7,08

Fuente: Elaboración propia.

El análisis estadístico de los datos muestra que no hay diferencias significativas en el contenido de agua entre las plantas de tierra e hidroponía, pero sí respecto del día. A los 7 días de almacenamiento de la planta a 0 °C el contenido de agua es mayor que a cosecha. Esto se debe a que la permeabilidad del envase permite la entrada de vapor de agua desde

el exterior, generándose dentro del envase un ambiente con un porcentaje de humedad relativa del 100%, lo que provoca que en el equilibrio el vegetal gane agua.

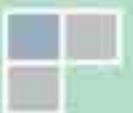
Por otro lado, no hay diferencias significativas en el contenido de clorofila ni en el contenido de carotenos respecto del día ni respecto del tipo de planta. Esto significa que el método de cultivo no provocó diferencias en el contenido de pigmentos fotosintéticos y que después de un almacenamiento no hay degradación de clorofila.

En cuanto al contenido de polifenoles totales, no hay diferencias significativas respecto del día, pero sí respecto de la planta. Las plantas de hidroponía presentan los mayores valores de polifenoles totales. Este es un resultado que desde el punto de vista nutricional supone una planta con mayores compuestos antioxidantes.

Respecto a la capacidad antioxidante no hay diferencias significativas entre los dos tipos de plantas ni según el día. Sin embargo, pareciera haber una ligera tendencia de las plantas de hidroponía a presentar una mayor capacidad antioxidante.

Al evaluar las poblaciones microbianas entre ambas plantas no hay diferencias significativas, a excepción de las enterobacterias que a tiempo inicial o tiempo 0, se encuentran recuentos menores en la muestra de hidroponía. A tiempo 7, en el caso de la espinaca de tierra prevalecen las levaduras y en el caso del sustrato hidropónico se obtiene un recuento mixto entre hongos y levaduras. (Ver Anexo)

Conclusión



La hidroponía es la ciencia del cultivo de plantas sin el uso de tierra, en un medio inerte al que se le agrega una solución de nutrientes que contiene todos los elementos esenciales requeridos por la planta para su crecimiento normal. Hay excelentes razones que justifican el reemplazo de la tierra por otro medio, por ejemplo, se eliminan plagas y enfermedades contenidas en la tierra, se pueden producir cultivos contra estación y en espacios cerrados, entre otras.

Hoy la hidroponía es una rama de la ciencia agronómica que ayuda a la alimentación de millones de personas en todo el mundo. En América Latina, Venezuela, Perú, Chile, Ecuador, Paraguay, Brasil y Colombia, es relevante su uso, desarrollada conjuntamente con la tecnología de invernaderos. En estos últimos la producción de vegetales se ha centrado en los cultivos de alto precio, como tomates, pepinos, pimientos y lechugas; y la producción aumenta junto con la demanda. Estas técnicas no se practican en Argentina a gran escala, pero existen industrias incipientes que utilizan esta forma de producción aunque todavía no es notorio en el mercado interno.

Por otro lado, el empobrecimiento acelerado y creciente que vive más del 50 % de la población del mundo hace que todas las alternativas que se puedan idear y promover para ayudar a los más pobres, sean válidas. Y así tienen notable validez aquellas que contribuyen a la producción pronta de alimentos limpios, nutritivos y abundantes. Esa es la razón que estimula a Ingenieros agrónomos, técnicos agrícolas, profesionales de las ciencias de la salud, jefes de familia y a las instituciones interesadas a promover, enseñar a producir o producir directamente comida sana para el consumo familiar o para vender, utilizando pequeños espacios, tiempo libre, materiales reciclados y en condiciones climáticas con frecuencia no aptas para la producción de alimentos.

Según el Programa Mundial de Alimentación, dependiente de la ONU, 2000 millones de personas sufren de hambre oculta, es decir, deficiencias de micronutrientes causadas por la mala alimentación, incluso cuando se consumen cantidades adecuadas de calorías y proteínas. Esta situación compromete el sistema inmunológico, aumentando las tasas de enfermedades e infecciones. Y según FAO, 862 millones de personas no tienen suficiente para comer, más que la población de EE.UU., Canadá y la Unión Europea combinados¹.

Otro aspecto que merece destacarse es la tendencia mundial de los profesionales de la salud hacia el estímulo de un mayor consumo de frutas y hortalizas, motivado fundamentalmente por una creciente preocupación por una dieta más equilibrada, con menor

¹ FAO y el estado de la inseguridad alimentaria en el mundo, 2006, véase en: <http://www.rlc.fao.org/es/agricultura>

proporción de carbohidratos, grasa y aceites y con una mayor participación de la fibra dietaria, vitaminas y minerales. Esto se fundamenta, en parte, en las menores necesidades calóricas de la vida moderna, caracterizadas por un mayor confort y sedentarismo. El otro factor que determina esta tendencia es la mayor conciencia de la importancia de la dieta en la salud y longevidad.

La Encuesta Nacional de Nutrición y Salud realizada en nuestro país entre los años 2004 y 2005 revela que el consumo de vitamina C es muy bajo en todos los grupos etarios y dentro de la distribución relativa de energía por grupos alimentarios, las frutas y hortalizas sólo representan el 7 % de la ingesta diaria.

Es sabido que una dieta equilibrada, abundante en frutas y hortalizas favorece la salud y reduce el riesgo de enfermedades, y las hortalizas son alimentos baratos, pobres en grasas y ricos en vitaminas, minerales, antioxidantes, fibra e incluso ácidos grasos poliinsaturados. En particular la espinaca tiene una gran actividad antioxidante por su contenido en ácido ascórbico, tocoferol, carotenoides y diversos compuestos fenólicos. Además, aporta apreciables cantidades de hierro, ácido fólico y magnesio, y por estas razones es uno de los vegetales más valorados y consumidos alrededor del mundo.

Al mismo tiempo, los vegetales de hoja verde constituyen la mayor fuente dietaria de nitratos. La presencia de estos elementos en los vegetales constituye un tema serio en relación a la salud humana porque aproximadamente el 5 % de la ingesta de nitratos es convertido por bacterias en la saliva y en el tracto gastrointestinal a su forma tóxica, conocida como nitritos. Otros compuestos presentes en la espinaca y considerados como un factor antinutriente son los oxalatos, ya que intervienen en la absorción de elementos como el calcio y su consumo excesivo favorece la formación de cálculos renales.

Las situaciones mencionadas, colocan al nutricionista frente a nuevos desafíos como consecuencia de los avances tecnológicos, la necesidad de satisfacer los requerimientos alimentarios de una población en constante crecimiento, la tarea de fomentar el consumo de alimentos de buena calidad nutricional y la urgente necesidad de informar a los consumidores para lograr comportamientos alimentarios que promuevan la salud. Todo esto lleva al nutricionista a cumplir con su rol inherente como educador, traductor y transmisor de conocimientos para responder a la realidad nutricional, social y económica presente y así contribuir al desarrollo social integral.

En este marco, se realiza el análisis de las propiedades nutricionales de la espinaca hidropónica, un alimento de importante valor nutricional, que mediante la forma de cultivo mencionada no se obtiene en nuestro medio comúnmente.

Al analizar los datos correspondientes a las muestras de espinaca cultivadas, se puede observar que en el caso del contenido de nitratos es mayor el valor encontrado en la espinaca cultivada en suelo.

Por otro lado, el contenido de ácido oxálico se puede observar mayor en la espinaca hidropónica que en la de suelo.

En el caso de la vitamina C, no hay diferencias significativas entre las plantas de tierra e hidroponía, pero sí respecto del día ya que el día de cosecha se obtienen los mayores valores de ácido ascórbico. Siendo la vitamina C, una vitamina extremadamente lábil es un resultado lógico una degradación de la misma durante el almacenamiento.

Cuando se evalúan otros índices de calidad del alimento en cuestión, no hay diferencias significativas en el contenido de agua entre las plantas de tierra e hidroponía, pero sí respecto del día. A los siete días de almacenamiento de la planta a 0 °C el contenido de agua es mayor que a cosecha. Esto se debe a que la permeabilidad del envase permite la entrada de vapor de agua desde el exterior, generándose dentro de este un ambiente con un porcentaje de humedad relativa del 100 %, lo que provoca que en el equilibrio el vegetal gane agua.

Por otro lado, no hay diferencias significativas en el contenido de clorofila ni en el contenido de carotenos respecto del día ni respecto del tipo de planta. Esto significa que el método de cultivo no provoca diferencias en el contenido de pigmentos fotosintéticos y que después de un almacenamiento no hay degradación de clorofila.

En cuanto la cantidad de polifenoles totales, no hay diferencias significativas respecto del día, pero sí respecto de la planta. Las plantas de hidroponía presentan los mayores valores de polifenoles totales, este es un resultado que desde el punto de vista nutricional supone una planta con mayores compuestos antioxidantes.

Respecto a la capacidad antioxidante no hay diferencias significativas entre los dos tipos de plantas ni según el día. Sin embargo, pareciera haber una ligera tendencia de las plantas de hidroponía a presentar una mayor capacidad antioxidante.

Al evaluar las poblaciones microbianas entre ambas plantas no hay diferencias significativas, a excepción de las enterobacterias que a tiempo inicial o tiempo 0, se encuentran recuentos menores en la muestra de hidroponía. Al séptimo día, en el caso de la espinaca de tierra prevalecen las levaduras y en el caso del sustrato hidropónico se obtiene un recuento mixto entre hongos y levaduras.

Para todas las determinaciones anteriores, sería pertinente realizar futuras determinaciones aumentando el número de muestras analizadas, así como también evaluar

otros componentes del alimento en estudio, o comparar los valores obtenidos en las distintas estaciones del año a fin de llevar a cabo una investigación más profunda en relación a una ciencia que se encuentra en pleno crecimiento.

Por otra parte, la encuesta autoadministrada realizada en este trabajo revela que el 92 % de los participantes manifiesta consumir vegetales de hoja verde, y el 8 % asegura no hacerlo. Entre aquellas personas que consumen este tipo de alimentos el 45 % lo hace entre tres y cinco veces por semana, el 29 % dos veces por semana o menos y el 18 % seis veces por semana o más. En cuanto a los motivos de consumo, surge que el 59 % de la población refiere consumir vegetales de hoja verde sólo por agrado; el 15 % dice hacerlo sólo por sus beneficios para la salud y el 26 % manifiesta que los consume por ambos motivos. Quienes no comen esta variedad de vegetales expresa no hacerlo porque éstos no forman parte de su alimentación habitual.

Dentro de la variedad de vegetales de hoja verde más del 80 % de las personas encuestadas opta por la lechuga, acelga y espinaca siendo los vegetales con mayor cantidad de respuestas positivas. Luego se ubican la rúcula, el repollo y la radicheta con valores superiores al 20 %. Por último el berro, con un 3 %; y un 16 % refiere consumir también otros vegetales de hoja verde.

Al preguntar a los encuestados si han consumido alguna vez alimentos cultivados en forma hidropónica un 97 % de ellos responde que no, un 2 % no sabe y sólo el 1 % asegura haber consumido alimentos obtenidos de esta forma.

Cuando se consulta a los participantes si creen conocer en que consisten las técnicas hidropónicas de cultivo, los resultados indican que un 70 % de la muestra manifiesta no conocer en que consiste la hidroponía y un 30 % cree saberlo.

Con el objetivo de evaluar el grado de información de los encuestados acerca de las técnicas hidropónicas se incluye una pregunta de múltiple elección con seis opciones sobre los atributos de dichos cultivos, siendo sólo tres de ellas verdaderas, "Menor contaminación", "Menor uso de fertilizantes e insecticidas" y "Cultivos más saludables". Aproximadamente el 82 % de los participantes responde correctamente a estas opciones. Respecto de las opciones falsas o incorrectas, el 82 % reconoce que sí es posible la producción contra estación, un 69 % identifica que no se requieren lugares más amplios para su práctica y sólo un 41 % reconoce que este tipo de cultivos utiliza menor consumo de agua.

Posteriormente se analiza la distribución de la muestra con respecto al conocimiento de las características de la hidroponía, para lo cual se considera el número de afirmaciones correctamente identificadas de la pregunta anterior. Los resultados establecen que aquellos

con un total de cinco respuestas correctas constituyen la mayor proporción con un 32 %, aquellos que identificaron bien cuatro características llegan a un 25 %, seguidos por el 19 % constituido por quienes identificaron correctamente las seis opciones.

La cantidad de características identificadas por los encuestados correctamente es en promedio 4,4.

La siguiente etapa de la encuesta es la evaluación sensorial y prueba de aceptación previa degustación una ensalada elaborada con espinaca hidropónica y otra con espinaca cultivada en suelo, identificadas como Preparación 1 y Preparación 2 respectivamente. Del análisis de datos surge que para aquellos caracteres organolépticos donde se registran diferencias significativas, siendo estos sabor, aroma y textura, la Preparación 1, que es la que contiene espinaca hidropónica, obtiene los mejores valores promedio.

Finalmente se evalúa el grado de aprobación y/o preferencia que demuestra el consumidor en relación a la incorporación del producto. Para esto se utiliza una escala hedónica donde se designa el valor 1 a “No me gusta” y 5 a “Me gusta mucho”. Los resultados muestran que existe evidencia para creer que las calificaciones medias en cuanto al alimento degustado son diferentes entre sí, obteniendo mejor puntaje la Preparación 1 elaborada con el cultivo sin suelo de espinaca.

Como complemento se lleva a cabo la evaluación de las cuatro características organolépticas por dos expertos en evaluación sensorial, previa degustación de ambas preparaciones. Para los atributos color, sabor y textura resulta mejor calificada la Preparación 1, elaborada con espinaca cultivada sin suelo. En el caso del aroma se observa la misma valoración de las dos preparaciones por ambas personas. En cuanto a la calificación final los expertos en evaluación sensorial coinciden con los alumnos encuestados otorgando una mayor calificación a la Preparación 1.

Frente a una última pregunta, donde se indaga acerca de la inclusión de la espinaca hidropónica en la alimentación, de las 120 personas encuestadas, 116 afirman que optarían por este alimento como una alternativa a incluir en su alimentación habitual. En cuanto a los motivos, el 76 % de los encuestados refiere que lo haría por su sabor; el 47 % por su valor nutritivo y por considerarlo un alimento sano, libre de fertilizantes e insecticidas; un 4 % por costos y sólo un 1 % por otros motivos.

Para concluir, se puede afirmar que los resultados obtenidos posicionan a la espinaca hidropónica como una alternativa saludable y de gran aceptación entre potenciales consumidores, constituyendo una excelente opción para incorporar y enriquecer nuestra alimentación.

La promoción, formación y consolidación de los hábitos alimentarios y estilos de vida saludables es una tarea inherente a los Licenciados en Nutrición así como el hecho de lograr que los conocimientos en materia de alimentos, salud, nutrición y estilos de vida saludables sean adaptados al nivel de la vida familiar y en la comunidad.

Los procesos de alimentación y nutrición humana adecuada y suficiente, son esenciales para obtener y mantener óptima salud y calidad de vida. Son necesidad y derecho básico de toda persona que aspira a vivir y desarrollarse en bienestar y plenitud.

Bibliografía



- Adrian J., Potus J., Poiffait A., Danvillier P., **Análisis nutricional de los alimentos**, Ed. Acribia, Zaragoza, España, 2000
- Alexander J. y col., Nitrate in vegetables. Scientific Opinion of the Panel on Contaminants in the Food chain, **The EFSA (European Food Safety Authority) Journal**, 2008, vol. 689, p.1-79, en:
http://www.efsa.europa.eu/EFSA/Scientific_Opinion/contam_ej_689_nitrate_en.pdf
- Alpizar Antillón, L., **Hidroponía. Cultivos sin tierra**, Ed. Tecnológica de Costa Rica, Costa Rica, 2006
- Antón A., Lizaso J., **Nitratos, nitritos y nitrosaminas**, Fundación Ibérica para la seguridad alimentaria, en:
http://mie.esab.upc.es/ms/formacio/Control%20%20Contaminacio%20Agricultura/bibli_o/nitratos%20y%20nitrosaminas.pdf
- Aranceta Bartrina, J., **Frutas, verduras y salud**, Ed. Masson, 2006
- Arano, C. R., **Hidroponía: algunas páginas de su historia**, en:
<http://www.horticom.com/pd/article.php>
- Balcaza, L.F., **Producción de hortalizas hidropónicas en barrios carenciados del Conurbano Bonaerense**, en: <http://www.inta.gov.ar/sanpedro/info/doc>
- Barbado, J. L., **Hidroponía. Su empresa de cultivos en agua**; Ed. Albatros, Argentina, 2005
- Bermejillo A. I. y col., **Una alternativa de producción sustentable en Mendoza: Cultivo de rúcula y otras aromáticas en sistema de raíz flotante**, en:
<http://inta.gov.ar/mendoza/jornadas/Trabajos>
- Carrasco G. y col., Contenido de nitratos en lechugas cultivadas en sistemas hidropónicos, IDESIA, **Publicación científica de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Tarapacá, Chile**; 2006; vol. 24, p. 25-30, en:
http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-34292006000100005&script=sci_arttext
- Castañeda, F., **Hidroponía Popular. Cultivos sin tierra**; INCAP/OPS, 1997
- Cheftel J.C., Cheftel H., **Introducción a la bioquímica y tecnología de los alimentos**, Vol. I, Ed. Acribia, España, 2000
- Cobello L, Camina sobre el agua; **Diario Clarín**, Argentina, 2001, en:
<http://edant.clarin.com/suplementos/rural/2001/05/12/r-00411.htm>
- Conesa E. y col., The influence of nitrate/ammonium ratio on yield quality and nitrate, oxalate and vitamin C content of baby leaf spinach and bladder campion plants grown in a floating system, **International Symposium on Soilless Culture and**

- Hydroponics, Acta Horticulturae;** vol. 843, en: http://www.actahort.org/books/843/843_35.htm
- Consejo Federal de Ciencia y Tecnología, COFECYT, **Debilidades y desafíos tecnológicos del sector productivo. Hortalizas de hoja verde,** en: <http://www.cofecyt.mincyt.gob.ar>
 - Filippetti V., **Sistemas y cultivos hidropónicos,** en: http://hidroponia.gcaconsultora.com.ar/info_hidrop
 - Fundación vasca para la seguridad alimentaria, Nitratos y nitritos en la alimentación humana, **Documento de la Fundación Vasca para la seguridad alimentaria,** 2006, p. 4, en: <http://www.elika.net/datos/riesgos/nitratosynitritosenhortalizas.pdf>
 - García Breijo, F., **Introducción al funcionamiento de las plantas,** Ed. Universidad Politécnica de Valencia. España, 2006
 - González Arce R, **Huerta casera. Manual de hidroponía popular,** Ed. Universidad de Costa Rica, San Jose, Costa Rica, 2003
 - González Carcedo, S., **Historia de la Ciencia del suelo. Sexta parte. Edafología y química agrícola,** en: <http://www.weblogs.madrimasd.org/universo>
 - Grass de la Fuente J., **Hidroponía. Cultivo sin tierra,** Ed. Texido, Chile, 1993
 - Izquierdo, J., **¿Qué es la hidroponía? Hidroponía simplificada. Cartillas de presentación,** en: <http://www.rlc.fao.org/es/agricultura/aup/pdf>
 - Kuklinsky C., **Nutrición y bromatología,** Ed. Omega, Barcelona, España, 2003
 - Lampe, J. W., Efectos de hortalizas y verduras sobre la salud. 1999. **Am. Journal Clin. Nutr (suppl.);** en: http://www.unizar.es/med_naturista/Hortalizasyfrutas.pdf
 - López L., Suárez M. M., **Fundamentos de nutrición normal,** Ed. El Ateneo, Argentina, 2003
 - Massey, L. K., et al., Effect of Dietary Oxalate and Calcium on Urinary Oxalate and Risk of Formation of Calcium Oxalate Kidney Stones, **Journal of the American Dietetic Association,** vol. 93, p. 901-906, 1993
 - Medin R., Medin S., **Alimentos: Introducción, técnica y seguridad;** Ediciones turísticas, Bs. As., Argentina, Tercera Edición, 2007
 - Nebell, Bernard J., Wright Richard T., **Ecología y desarrollo sostenible;** Ed. Pearson Educación, 1999, Sexta edición
 - Parra P., Justo A., **Balance entre ingesta recomendada y consumo estimado de hortalizas,** en: <http://www.inta.gov.ar/ies/docs/doctrab>

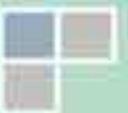
- Pomerleau J., Lock K., McKee M., Altmann R., The Challenge of Measuring Global Fruit and Vegetable Intake; **Journal of Nutrition**. 2004, vol.134
- Raven P., Evert R., Eichhorn S., **Biology of plants, fourth edition**, Worth Publishers Inc., New York, EE.UU., 1992
- Resh, H.M., **Cultivos hidropónicos. Nuevas técnicas de producción**; Ed. Mundi Prensa, 2001
- Rodríguez Hidalgo S., Silveira A. C., Artés Hernández F., Artés F., **Evolución de la calidad de cuatro variedades de espinaca baby cultivadas en bandejas flotantes y mínimamente procesadas en fresco**, Universidad Politécnica de Cartagena, Cartagena, España, 2007, en: <http://repositorio.bib.upct.es/dspace/handle>
- Rosenthal, A.J., **Textura de los alimentos**; Ed. Acribia, Zaragoza, España, 2001
- Salinas, R., **Alimentos y nutrición. Introducción a la bromatología**, Ed. El Ateneo, Argentina, 2000
- Simón M. J., Benito M. P., Baeza M., **Alimentación y nutrición familiar**, Ed. Editex, Argentina, 2002
- Szczesny, A., Valerio, A., **Sobre el bromuro de metilo y su eliminación**, en <http://www.inta.gov.ar/info/documentos/agric/hortic/brometilo.htm>
- Tapia M. L.; Caro J. M., Producción de plantines de lechuga (*Lactuca sativa*) en lana de roca granulada y perlita expandida para uso en hidroponía, **Ciencia e Investigación Agraria**, v. 36 (3), Chile, Sep. – Dic. 2009
- Torresani M. E., Somoza M. I., **Lineamientos para el cuidado nutricional**, Ed. Eudeba, Argentina, 2007
- Urrestarazu Gavilán M., **Tratado de cultivo sin suelo**, Ed. Mundi Prensa, 2003
- Winograd M., **Consumo de frutas y hortalizas en América**, en: <http://www.todopapa.com.ar/doc/PonenciaMedellin.doc>

Sitios web visitados:

- <http://www.botanica.cnba.uba.ar>
- <http://www.botanical-online.com/fotosintesis.htm>
- <http://www.carbon.org/catalog/pub/kids1.jpg>
- <http://www.carenewengland.org/body>
- <http://www.ceretlapampa.org.ar>
- <http://www.cienciaaldia.wordpress.com>

- <http://www.corazonverdecr.com/historia.htm>
- <http://www.educa.madrid.org>
- <http://www.geocities.ws/curso/curso.html>
- <http://www.hidro-plant.com/img/productos-hidroponia>
- <http://www.hydrocultivo.com/index.php/sistema-de-riego>
- <http://www.hydroenvironment.com.mx>
- <http://www.hydrogrowers.com.ar/>
- <http://www.hydroponicsonline.com/lessons>
- <http://www.infoagro.com/hortalizas/espinaca.htm>
- <http://www.inta.gov.ar>
- <http://www.made-in-argentina.com/alimentos/hortalizas>
- <http://oxalate.wikispaces.com/spinach>
- <http://www.rlc.fao.org/es/agricultura>
- <http://www.saborysalud.com/content/articles>
- <http://www.tecnociencia.es/especiales/cultivos-hidroponicos>

Anexo



Anexo I

Estadísticas descriptivas:

Variable	Observaciones	Mínimo	Máximo	Media	Desviación típica
Color Muestra 1	120	1,000	5,000	3,983	0,889
Color Muestra 2	120	1,000	5,000	3,833	0,982

Prueba t para dos muestras apareadas / Prueba bilateral:

Intervalo de confianza para la diferencia entre las medias al 95%:
] -0,025 ; 0,325 [

Diferencia	0,15
t (Valor observado)	1,699056342
t (Valor crítico)	1,980099876
GDL	119
p-valor (bilateral)	0,091921429
alfa	0,05

Interpretación de la prueba:

H0: La diferencia entre las medias es igual a 0.

Ha: La diferencia entre las medias es diferente de 0.

Como el p-valor calculado es mayor que el nivel de significación $\alpha=0,05$, no se puede rechazar la hipótesis nula H0.
 El riesgo de rechazar la hipótesis nula H0 cuando es verdadera es de 9,19%.

Anexo II

Estadísticas descriptivas:

Variable	Observaciones	Mínimo	Máximo	Media	Desviación típica
Sabor Muestra 1	120	1,000	5,000	4,333	0,901
Sabor Muestra 2	120	1,000	5,000	3,492	1,130

Prueba t para dos muestras apareadas / Prueba bilateral:

Intervalo de confianza para la diferencia entre las medias al 95%:
] 0,612; 1,071 [

Diferencia	0,841666667
t (Valor observado)	7,258770108
t (Valor crítico)	1,980099876
GDL	119
p-valor (bilateral)	< 0,0001
alfa	0,05

Interpretación de la prueba:

H0: La diferencia entre las medias es igual a 0.

Ha: La diferencia entre las medias es diferente de 0.

Como el p-valor computado es menor que el nivel de significación $\alpha=0,05$, se debe rechazar la hipótesis nula H0. El riesgo de rechazar la hipótesis nula H0 cuando es verdadera es menor que 0,01%.

Anexo III

Estadísticas descriptivas:

Variable	Observaciones	Mínimo	Máximo	Media	Desviación típica
Aroma Muestra 1	120	1,000	5,000	3,367	0,755
Aroma Muestra 2	120	1,000	5,000	3,250	0,677

Prueba t para dos muestras apareadas / Prueba bilateral:

Intervalo de confianza para la diferencia entre las medias al 95%:
]0,017; 0,217 [

Diferencia	0,116666667
t (Valor observado)	2,311847302
t (Valor crítico)	1,980099876
GDL	119
p-valor (bilateral)	0,022505786
alfa	0,05

Interpretación de la prueba:

H0: La diferencia entre las medias es igual a 0.

Ha: La diferencia entre las medias es diferente de 0.

Como el p-valor computado es menor que el nivel de significación $\alpha=0,05$, se debe rechazar la hipótesis nula H0. El riesgo de rechazar la hipótesis nula H0 cuando es verdadera es menor que 2,25%.

Anexo IV

Estadísticas descriptivas:

Variable	Observaciones	Mínimo	Máximo	Media	Desviación típica
Textura Muestra 1	120	1,000	5,000	4,108	0,887
Textura Muestra 2	120	1,000	5,000	3,708	1,016

Prueba t para dos muestras apareadas / Prueba bilateral:

Intervalo de confianza para la diferencia entre las medias al 95%:
] 0,165; 0,635 [

Diferencia	0,400
t (Valor observado)	3,373
t (Valor crítico)	1,980
GDL	119
p-valor (bilateral)	0,001
alfa	0,05

Interpretación de la prueba:

H0: La diferencia entre las medias es igual a 0.

Ha: La diferencia entre las medias es diferente de 0.

Como el p-valor computado es menor que el nivel de significación $\alpha=0,05$, se debe rechazar la hipótesis nula H0, y aceptar la hipótesis alternativa Ha. El riesgo de rechazar la hipótesis nula H0 cuando es verdadera es menor que 0,10%.

Anexo V

Estadísticas descriptivas:

Variable	Observaciones	Mínimo	Máximo	Media	Desviación típica
Calificación Muestra 1	120	1,000	5,000	4,383	0,801
Calificación Muestra 2	120	1,000	5,000	3,717	0,989

Prueba t para dos muestras apareadas / Prueba bilateral:

Intervalo de confianza para la diferencia entre las medias al 95%:
] 0,445; 0,888 [

Diferencia	0,667
t (Valor observado)	5,960
t (Valor crítico)	1,980
GDL	119
p-valor (bilateral)	< 0,0001
alfa	0,05

Interpretación de la prueba:

H0: La diferencia entre las medias es igual a 0.

Ha: La diferencia entre las medias es diferente de 0.

Como el p-valor computado es menor que el nivel de significación $\alpha=0,05$, se debe rechazar la hipótesis nula H0. El riesgo de rechazar la hipótesis nula H0 cuando es verdadera es menor que 0,01%.

ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DE ALIMENTOS

Laboratorio Certificado bajo Normas ISO 9001 – ISO 14001

Laboratorio Habilitado por OPOS – N° Registro 007

Fecha: 13/10/2011

Protocolo N°: 64655

Solicitado por: ERRECART NATALIA – SAN SALVADOR 5441 – MAR DEL PLATA

Muestra: ESPINACA

Identificado como: CULTIVO EN SUELO

Fecha de recepción: 26/09/2011 11:30 hs

Condiciones: REFRIGERADA

Análisis comenzado el: 26/09/2011

Ensayo	Metodología
NITRATOS	ISO 7890-3
ACIDO OXÁLICO	HPLC-UV

TABLA DE RESULTADOS:

DETERMINACION	RESULTADOS
NITRATOS <small>Filtrado el: 26/09/2011</small>	191,8 mg / 100 g
ACIDO OXÁLICO <small>Filtrado el: 13/10/2011</small>	777,5 mg / 100 g

NOTAS:

- La presente muestra no ha sido extraída por personal del Laboratorio. En consecuencia este no se hace responsable del método de extracción utilizado y/o la real procedencia de la muestra analizada.
- Los resultados sólo están relacionados con la muestra ensayada.
- No está permitida la reproducción parcial de este informe.

Fin de informe

Sandra K. Medici
Sandra K. Medici
Lic. en Cs. Biológicas
M.P. B. 251



GRUPO DE INVESTIGACIONES EN INGENIERIA EN ALIMENTOS

Comparación de Índices de Calidad de Espinaca Bolero cultivada en tierra y en hidroponía

Resultados

Los datos que se muestran a continuación corresponden al valor promedio del índice indicado, junto con la desviación estándar asociada (sólo para algunos índices se muestra esto último). Los índices se expresan de la siguiente manera:

- Contenido de Agua %: es el porcentaje de agua total que posee el tejido.
- Contenido de Clorofila: expresado como miligramos de clorofila por cada 100 gramos de peso fresco (mg/100g PF).
- Contenido de Carotenos Totales: expresado como miligramos de carotenos por cada 100 gramos de peso fresco (mg/100g PF).
- Contenido de ácido ascórbico: expresado como miligramos de ácido ascórbico por cada 100 gramos de peso fresco (mg/100g PF).
- Contenido de Polifenoles Totales: expresado como miligramos de ácido gálico por cada 100 gramos de peso fresco (mg/100g PF).
- Capacidad antioxidante: expresado como la concentración de extracto de espinaca (en gramos/mililitros de etanol) necesaria para reducir en un 50% la concentración del radical libre DPPH.
- Contenido de Mesófilas, Psicrófilas, Hongos y Levaduras, Bacterias Ácido Lácticas y Enterobacterias: expresado como unidades formadoras de colonia por mililitro (ufc/mL).

Índice	Día	Espinaca Tierra	Espinaca Hidroponía
Contenido de Agua	0	88.96 ± 0.86	88.51 ± 1.91
	7	90.19 ± 1.33	90.69 ± 0.99
Clorofila	0	73.70 ± 2.23	73.61 ± 11.37
	7	87.44 ± 16.89	72.65 ± 13.61
Carotenos	0	25.62 ± 0.32	26.07 ± 4.15
	7	30.26 ± 5.73	24.92 ± 4.80
Ácido Ascórbico	0	50.29 ± 4.51	39.34 ± 7.04
	7	35.07 ± 5.84	40.06 ± 3.02
Contenido de Polifenoles	0	80.44 ± 12.43	107.65 ± 3.88
	7	74.25 ± 18.00	104.46 ± 14.89
Capacidad Antioxidante	0	0.21 ± 0.02	0.15 ± 0.01
	7	0.28 ± 0.11	0.18 ± 0.01
Mesófilas	0	5.73	5.46



GRUPO DE INVESTIGACIONES EN INGENIERIA EN ALIMENTOS

	7	7.36	6.97
Psicrófilas	0	6.73	6.40
	7	6.22	5.61
Hongos y Levaduras	0	6.26	6.30
	7	6.57	5.83
Bacterias ácido lácticas	0	2.39	2.84
	7	3.94	3.04
Enterobacterias	0	5.73	4.45
	7	7.66	7.08

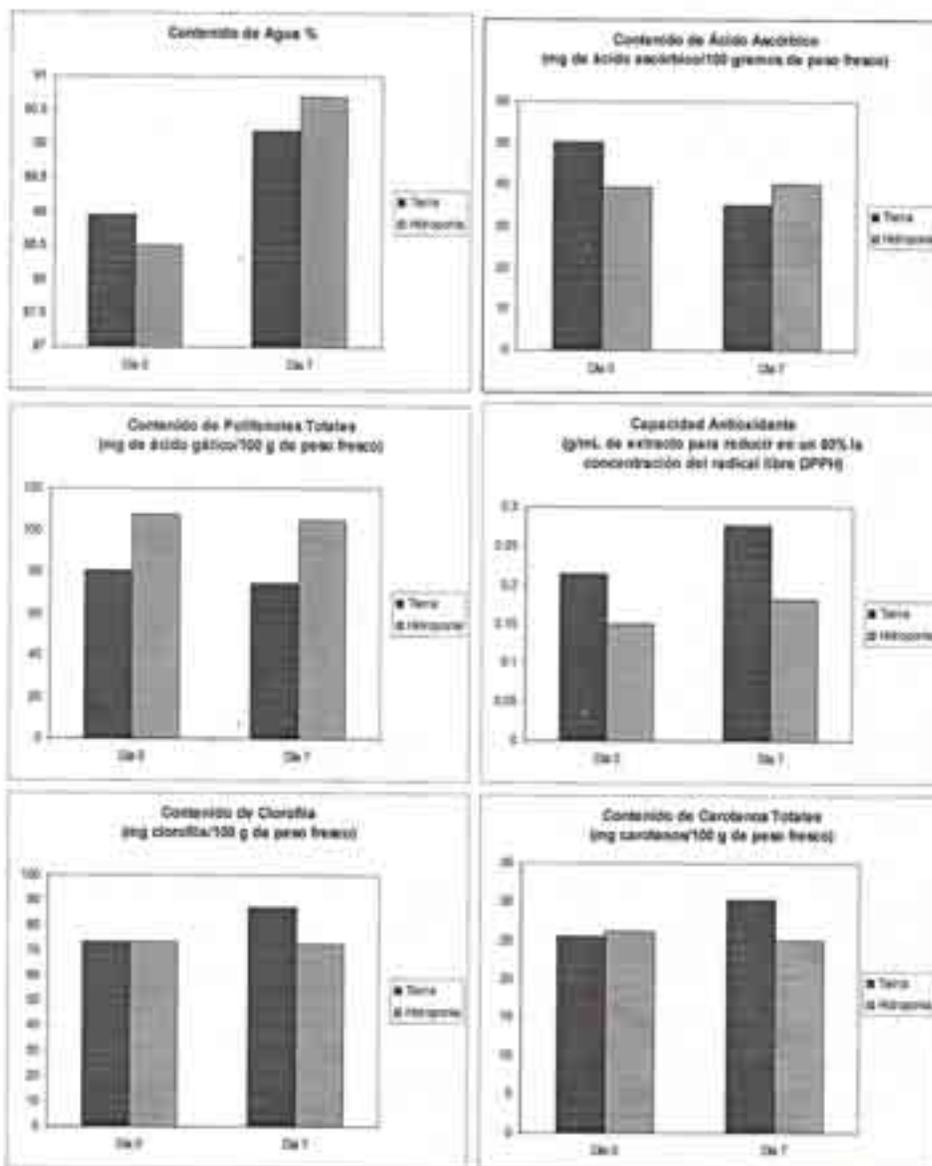
Análisis estadístico de los resultados

- No hay diferencias significativas en el contenido de agua entre las plantas de tierra e hidroponia, pero sí respecto del día. A los 7 días de almacenamiento de la planta a 0 °C el contenido de agua fue mayor que a cosecha. Esto se debe a que la permeabilidad del envase permite la entrada de vapor de agua desde el exterior, generándose dentro del envase un ambiente con un porcentaje de humedad relativa del 100%, lo que provoca que en el equilibrio el vegetal gane agua.
- No hay diferencias significativas en el contenido de clorofila ni en el contenido de carotenos respecto del día ni respecto del tipo de planta (tierra e hidroponia). Esto significa que el método de cultivo no provocó diferencias en el contenido de pigmentos fotosintéticos y que después de un almacenamiento no hay degradación de clorofila.
- No hay diferencias significativas en el contenido de ácido ascórbico entre las plantas de tierra e hidroponia, pero sí respecto del día. A cosecha (día 0) se obtuvieron los mayores valores de ácido ascórbico. Siendo la vitamina C, una vitamina extremadamente lábil es un resultado lógico una degradación de la misma durante el almacenamiento.
- No hay diferencias significativas en el contenido de polifenoles totales respecto del día, pero sí respecto de la planta. Las plantas de hidroponia presentaron los mayores valores de polifenoles totales. Este es un resultado que desde el punto de vista nutricional supone una planta con mayor compuestos antioxidantes.
- No hay diferencias significativas en la capacidad antioxidante respecto del tipo de planta ni del día. Sin embargo, pareciera haber una ligera tendencia de las plantas de hidroponia a presentar una mayor capacidad antioxidante. Se deberían evaluar más muestras.
- No hay diferencias significativas en las poblaciones microbianas entre ambas plantas (tierra e hidroponia), a excepción de las enterobacterias que a tiempo 0 (tiempo inicial), se encontraron recuentos menores en la muestra de hidroponia. A tiempo 7, en el caso de la espinaca de tierra prevalecen las levaduras y en el caso del sustrato hidropónico se obtuvo un recuento mixto entre hongos y levaduras.



GRUPO DE INVESTIGACIONES EN INGENIERIA EN ALIMENTOS

Gráficas



Av. Juan B. Justo 4302
7600 - Mar del Plata
Buenos Aires - República Argentina

Gabriela E. Viacava
GABRIELA E. VIACAVA
INGENIERA EN ALIMENTOS

Paula...
Tel: (0223) 481-6600 int. 262
Fax: (54)(0223) 481-0046
Dpto. Sem. I. Escuela
Directora G.I.F.A.
E-mail: estu@iia@mdp.edu.ar
Fac. Ing. U.N.M.D.P.