



**DOCTORADO NUTRICIÓN Y CIENCIAS DE LOS  
ALIMENTOS.**

# **BIOFORTIFICACIÓN CON POTASIO EN PEPINOS. DAÑOS POR FRÍO.**

**GRANADA, MAYO 2015.**

**Realizado por: Sara Montoya Sánchez-Camacho**

**Directores: Eduardo Ortega Bernaldo de Quirós**

**María Luisa Lorenzo Tovar**

Editorial: Universidad de Granada. Tesis Doctorales  
Autora: Sara Montoya Sánchez-Camacho  
ISBN: 978-84-9125-193-4  
URI: <http://hdl.handle.net/10481/40611>

La doctoranda **SARA MONTOYA SÁNCHEZ-CAMACHO** y los directores de la tesis **MARÍA LUISA LORENZO TOVAR Y EDUARDO ORTEGA BERNALDO DE QUIRÓS**. Garantizamos, al firmar esta tesis doctoral, que el trabajo ha sido realizado por el doctorando bajo la dirección de los directores de la tesis y hasta donde nuestro conocimiento alcanza, en la realización del trabajo, se han respetado los derechos de otros autores a ser citados, cuando se han utilizado sus resultados o publicaciones.

Granada 11 mayo de 2015

Director/es de la Tesis

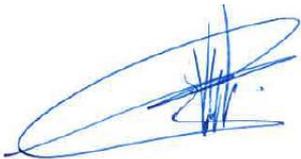
Doctorando



Fdo.: Maria Luisa Lorenzo Tovar



Fdo.: Sara Montoya Sánchez-Camacho



Fdo.: Eduardo Ortega Bernaldo de Quirós



## AGRADECIMIENTOS

Quisiera aprovechar estas líneas para mostrar mi agradecimiento a todas aquellas personas que decidieron invertir parte de su tiempo a contribuir en la elaboración de este trabajo y a hacerlo más llevadero.

En primer lugar a todos los miembros del Departamento de Edafología por su disposición a colaborar en todo lo que he necesitado.

Particularmente quiero mostrar mis agradecimientos a:

- Eva Navarro y Manuel Fuentes, por poner a mi disposición los invernaderos en los que he llevado a cabo la experimentación.
- Fátima Olea, por su ayuda en los complejos conceptos estadísticos.
- Pilar González, por su colaboración esencial en el trabajo de campo (siembra, recolección de muestras...) así como en la localización de reactivos y material de laboratorio cuya ubicación solo ella controla.
- Ana, mi compañera en el departamento, por conseguir distraerme en aquellos momentos más tensos.
- Pedro, una de las últimas personas en aparecer en mi vida y que ahora es una parte muy importante de ella, que además ha desarrollado la aplicación móvil que estamos en proceso de patentar y que esperamos tenga éxito.

A mis padres, porque sin su ánimo y apoyo en los momentos de duda no habría podido llegar al final.

A mis amig@s, porque a pesar del paso del tiempo seguimos igual de unidos que cuando terminamos la carrera, hace ya 4 años, me han servido de apoyo por sus ánimos constantes y su compañía en los momentos duros.

Por último, quiero destacar a las personas que han sido fundamentales durante todo el desarrollo de esta tesis, mis directores, Eduardo Ortega y M<sup>a</sup> Luisa Lorenzo, por soportar mi nerviosismo y estar dispuestos a ayudar siempre que lo necesito y sin los cuales nada de esto habría sido posible.



## ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	11
1.1. Antecedentes Históricos.....	13
1.2. Material vegetal.....	14
1.3. Producción y comercio.....	16
1.4. Requerimientos edafoclimáticos.....	20
1.5. Pepinos cultivados en invernadero.....	21
- Generalidades.....	21
- Clasificación.....	23
- Labores básicas.....	25
1.6. Sodio y relación con el potasio.....	28
1.7. Daños por frío.....	30
1.8. Análisis sensorial.....	32
1.9. Aplicación móvil.....	35
2. OBJETIVOS E IMPORTANCIA DEL ESTUDIO.....	39
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	47
3.1. Diseño de la finca experimental.....	49
3.2. Preparación y adición de las soluciones sulfato potásico.....	53
3.3. Calibración de los frutos.....	54
3.4. Determinación del contenido en potasio por fotometría de llama.....	56
3.5. Determinación del contenido en sodio.....	59
3.6. Material y métodos de los daños por frío.....	60
- Determinación del color.....	60
- Análisis de firmeza.....	60
- Medida del peso.....	61
- Medida de la longitud.....	62
- Determinación de etileno.....	62
- Contenido en azúcares.....	62
- pH.....	63
- Análisis microestructural.....	64
- Índice de maduración.....	65
3.7. Valoración organoléptica.....	66
- Preparación de la muestra.....	66

-	Panel analítico.....	67
-	Panel de consumidor.....	71
4.	RESULTADOS, TRATAMIENTO ESTADÍSTICO Y DISCUSIÓN.....	75
4.1.	Registros temperatura y humedad en el invernadero.....	77
4.2.	Dimensión y peso de los frutos.....	78
4.3.	Contenido en potasio.....	82
-	Primera recogida.....	82
-	Segunda recogida.....	93
-	Tercera recogida.....	102
-	Evolución en el tiempo.....	109
-	Ecuaciones predictivas contenido en potasio.....	112
-	Correlación entre las variables peso y longitud/diámetro.....	115
4.4.	Contenido en sodio.....	117
-	Primera recogida.....	117
-	Segunda recogida.....	122
-	Tercera recogida.....	125
-	Evolución en el tiempo.....	128
4.5.	Registros temperatura y humedad en los daños por frío.....	129
4.6.	Resultados daños frío.....	137
-	Dimensión y peso.....	137
-	Color.....	143
-	Firmeza.....	148
-	Grados brix.....	153
-	pH.....	155
-	Etileno.....	157
-	Análisis óptico y microestructural.....	159
-	Índice de maduración.....	164
4.7.	Resultados análisis sensorial.....	170
-	Panel entrenado.....	170
-	Panel de consumidores.....	179
4.8.	Aplicación móvil. Puesta en marcha.....	182
5.	CONCLUSIONES.....	185
6.	BIBLIOGRAFÍA.....	189

## **1. INTRODUCCIÓN**



## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Antecedentes históricos

Según **Sturtevant (1979)**, en sus *Notas sobre las plantas comestibles*, el origen del pepino podría encontrarse en una zona situada entre Asia y Egipto. **De Candolle (1886)** afirma que esta planta es nativa del noroeste de la India, donde se ha venido cultivando desde hace más de 3000 años, habiendo sido introducida en China desde Persia por un embajador (Chang-kien), quien la conoció en uno de sus viajes a mediados del siglo II a.C. Sturtevant logró identificar el pepino en un trabajo chino del siglo V y parece que se hicieron descripciones de la planta por varios autores entre los años 1560 y 1640.

De lo que no existe duda es que el pepino se lleva cultivando desde la antigüedad, de tal forma que es una de las pocas hortalizas que viene mencionada en la Biblia. Existen numerosas pruebas de que los pepinos eran muy bien conocidos por los antiguos griegos y romanos.

A principios de nuestra era, **Columela (1975)**, describía al menos dos tipos, dándoles unos calificativos muy diferentes a lo escrito por el resto de autores, de lo que se deduce que posiblemente se refería a otras especies.

Hacia el siglo IX d.C, Carlomagno ordenó cultivar pepinos en los jardines de su palacio de Francia. Por otra parte, en Inglaterra se detecta su presencia durante el reinado de Eduardo III, en el año 1327. En 1629 Parkinson escribía que en muchos países se consumía tanto pepino como manzanas y peras (**Pérez, 1984**).

De acuerdo con este mismo autor, en el Nuevo Mundo, Cristóbal Colón llevó semillas de pepino y las plantó en Haití hacia el año 1494. El navegante Jacques Cartier menciona que en 1535 los indígenas que vivían cerca de Montreal obtenían frutos de pepino bastante grandes.

Según **Pérez, 1984** los tipos de pepinos actuales vienen ya bien descritos en las botánicas antiguas, aunque antiguamente la calidad de los frutos era inferior, siendo más las especies más rugosas y menos simétricas. La mayoría de las variedades modernas han evolucionado gradualmente a partir de los tipos europeos, ya sea por selecciones directas o como resultado de hibridaciones.

Actualmente, el cultivo del pepino se encuentra ampliamente extendido en los 5 continentes, con excepción de las zonas muy frías o demasiado deprimidas donde esta planta no se desarrolla bien. En España, se conoce y cultiva en todas las regiones sin excepción, en sus diferentes modalidades y su consumo está generalizado en todas las épocas y lugares.

## 1.2. Material vegetal

El pepino es una planta herbácea, anual, rastrera o trepadora, cuyo nombre genérico es *Cucumis sativus*. Perteneciente al orden Cucurbitales, el cual sólo contiene una familia las cucurbitáceas.

Descripción de cada una de las partes de la planta, de acuerdo con **Reche, 2011**:

- **Raíz:** posee un sistema radical muy potente y extenso con una raíz principal pivotante que suele alcanzar los 60 cm de profundidad pero puede llegar hasta más de 1 metro en cultivos sueltos y profundos. De dicha raíz se ramifican numerosas raíces secundarias muy finas. La raíz de pepino es de rápido crecimiento.
- **Tallo:** de porte herbáceo, rastrero, trepador, anguloso y áspero al tacto. Su crecimiento es indeterminado, con formación de nudos y entrenudos.
- **Hojas:** pecioladas, con pecíolo largo y hendido, grandes, acorazonadas, opuestas a los zarcillos (tallos, hojas o pecíolos especializados del que se sirven para sujetarse a una superficie o a otras plantas), simples, alternas, de limbo lobulado, divididas en 3-4 lóbulos más o menos pronunciados, siempre el central más puntiagudo (**figura 1**). Bordes suavemente dentados, recubiertas de una vellosidad fina, de tacto áspero sobre todo en hojas viejas y con nervios muy pronunciados por el envés. Son de color verde claro cuando son jóvenes y de tono algo más oscuro y más quebradizas las más bajas de la planta, y las que son más afectadas por las plagas y enfermedades, principalmente por la mosca blanca. Al principio del ciclo de la planta, a los 7 días, ya se aprecian las dos primeras hojas verdaderas de aspecto ovalado.



**Figura 1.** Hojas de la planta de pepino.

- **Flores:** En las axilas de las hojas nacen flores gamopétalas, masculinas y femeninas, flores unisexuales en plantas monoicas (**figura 2**). Estas, una vez polinizadas, darán origen al fruto, diferenciándose fácilmente unas de otras porque las femeninas poseen un ovario ínfero que se aprecia notablemente por un diminuto pepino cubierto de vellosidad y que se desarrolla antes de la floración. Las flores del pepino son de color amarillo oro intenso y de corto pedúnculo.



**Figura 2.** Flor del pepino abierta y cerrada.

- **Fruto:** Es un pepónide, de forma más o menos cilíndrica y alargada, de sección circular, de peso y tamaño variable, de color verde claro al principio para luego tomar color verde más oscuro y amarillento en su madurez fisiológica, que no tiene valor comercial, en cuyo interior y a lo largo del fruto se encuentran las semillas (**figura 3**). Las semillas están vacías y muy tiernas cuando los frutos no

son polinizados, como ocurre en plantas ginoicas, estas plantas con frutos partenocárpicos son variedades de frutos largos que proceden de variedades de floración totalmente femenina, que no necesitan ser fecundadas por el polen de las flores masculinas.

La piel del pepino puede ser lisa, con o sin estrías, con espina o sin ellas y de piel rugosa y muy fina. La pulpa es de color blanquecino, acuosa, refrescante, y en algunas variedades de sabor algo amargo.

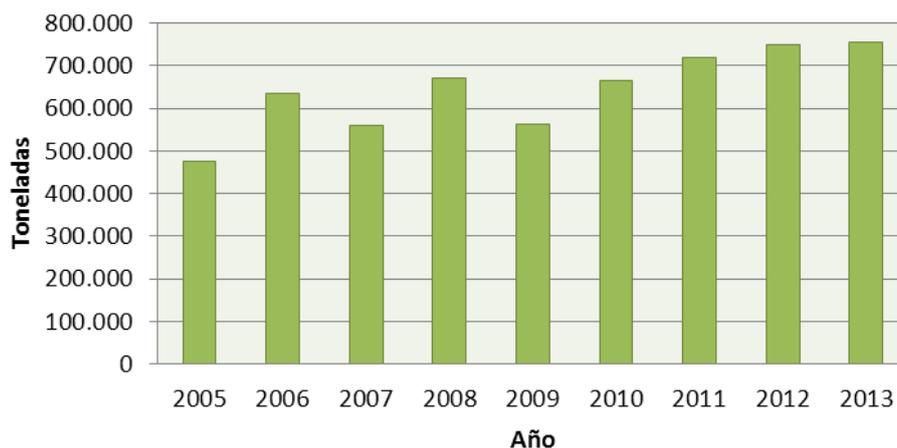


**Figura 3.** Pepino en la planta.

### **1.3. Producción y comercio**

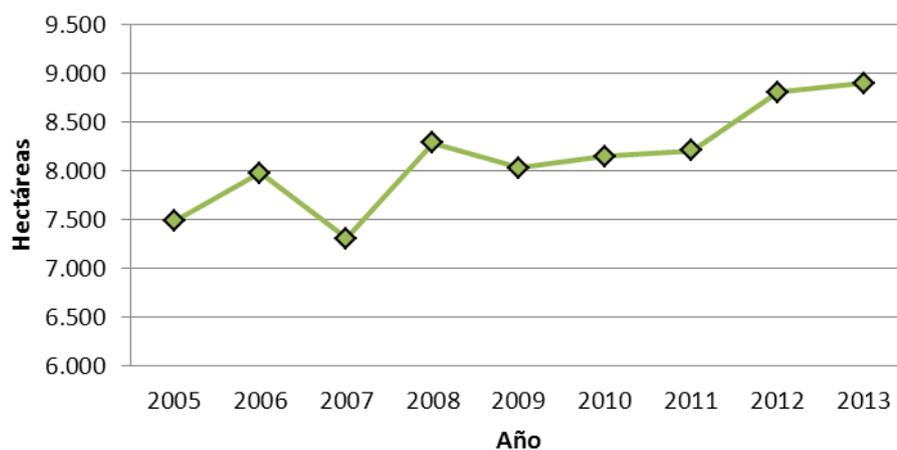
El cultivo del pepino en invernadero es muy importante en España, siendo Almería, Granada, Málaga, Las Palmas, Barcelona y Alicante las mayores provincias productoras. La superficie total cultivada de pepino se mantiene constante entre las 7.000 y 8.000 ha, destacando las provincias de Almería con 4.120 ha y Granada, 1.617 ha con mayor superficie cultivada.

La **figura 4**, muestra la producción de pepino a nivel nacional desde 2005 hasta 2013, se observa un aumento progresivo del volumen anual recolectado a partir del año 2009, que se refleja en el crecimiento de la superficie cultivada, como se aprecia en la **figura 5**.



**Figura 4.** Producción de pepino (toneladas) en España durante el periodo 2005/2013.

*Fuente: Anuarios de la Producción Agraria. MARM.*

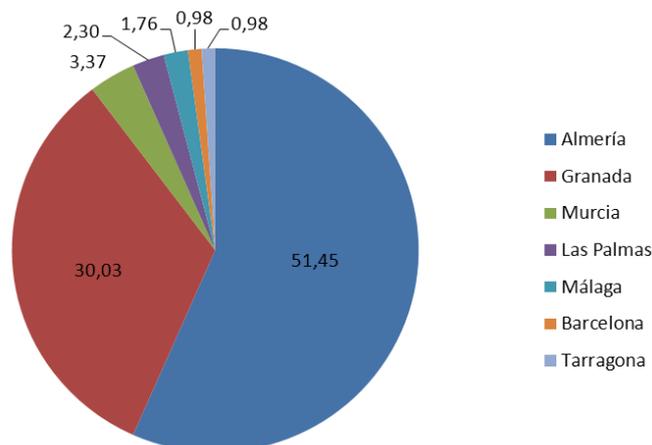


**Figura 5.** Evolución de la superficie cultivada de pepino (ha) en España durante el periodo 2005/2013.

*Fuente: Anuarios de la Producción Agraria. MARM.*

En la **figura 5**, se observa un aumento de la superficie cultivada, desde las 7.484 ha anuales de 2005 hasta las 8.902 del año 2013.

En cuanto al cultivo protegido bajo plástico en las principales provincias productoras, observamos en el **figura 6**, que es Almería la que dedica más terreno a esta fruta, representando el 51,45% de la superficie total con 4.533 ha, durante el año 2012, seguida de Granada con un 30 % de la producción con 2.646 ha. A continuación encontramos Murcia, Las Palmas, Málaga, Barcelona y Tarragona cuya producción va disminuyendo.



**Figura 6.** Provincias con mayor superficie de cultivo de pepino en 2012.

*Fuente: Anuarios de la Producción Agraria. MARM 2013.*

Los rendimientos dependen de múltiples factores: tipo de pepino, variedad cultivada, duración del ciclo de cultivo, fertilidad del suelo, marco de plantación, poda realizada e incidencia de plagas y enfermedades.

Los rendimientos medios conseguidos en el cultivo de pepino suelen oscilar entre **(Reche, 2011)**:

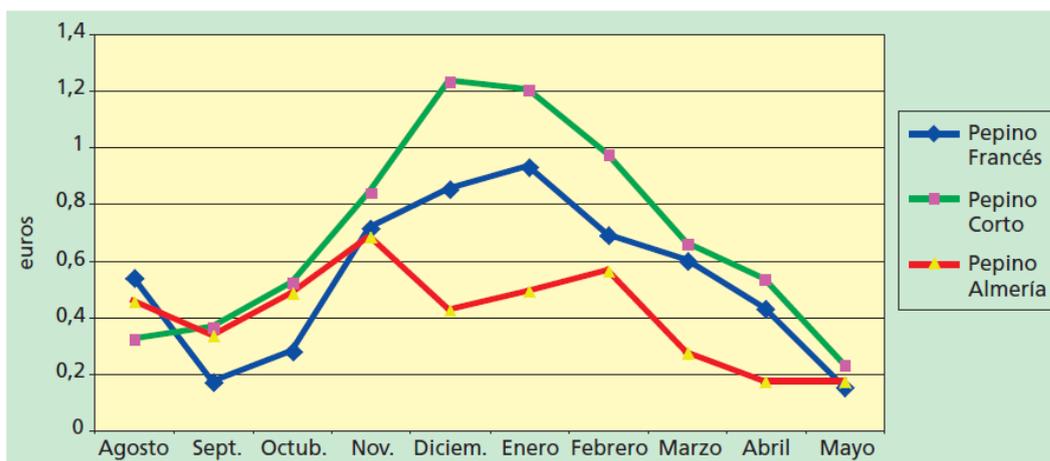
- Aire libre y regadío ..... 25.000-30.000 kg/ha
- Cultivo protegido ..... 75.000-85.000 kg/ha

Por tipos de pepinos:

- Pepino tipo “Almería” o tipo “holandés” ..... 80.000-100.000 kg/ha
- Pepino corto o francés.....50.000 y 70.000 kg/ha

(Dependiendo cultivo de otoño o primavera).

En cuanto al precio percibido por los agricultores en lo que respecta a los 3 tipos de pepino producidos en Almería, en la **figura 7** se aprecia que las mayores cotizaciones se obtienen en los meses de invierno (debido al fuerte aumento de las producciones hacia los mercados europeos) y principalmente por los frutos medianos y cortos. Las cotizaciones más bajas corresponden a los meses de final de primavera y verano.



**Figura 7.** Precios mensuales percibidos en origen de los tipos de pepinos. Campaña 2010-2011 (Almería).  
Fuente *Horto Semanal. El Ejido (Almería). 2011.*

### Cultivo del pepino en otros países

En la **tabla 1** se muestra la superficie dedicada al cultivo del pepino en los diez países con mayor producción así como la cantidad producida en toneladas en el periodo 2008-2011. De ella se pueden extraer las siguientes conclusiones:

- Los 10 países con mayor producción mundial superan las 500.000 toneladas.
- China con una producción de 44.890.761 toneladas es con diferencia el mayor productor; seguida de Irán y Turquía.
- La producción en España es muy similar a Egipto y Japón, sin embargo, la superficie cultivada es marcadamente inferior, ello quiere decir que el rendimiento en España es muy superior a los otros dos países, especialmente en comparación con Egipto donde la superficie cultivada es mucho mayor.

**Tabla 1.** Superficie y producción de los principales países productores de pepino y pepinillo (Media periodo 2008/2011). Fuente FAOSTAT (<http://www.fao.org/corp/statistics/es/>)

País	Superficie (ha)	Producción (tn)
China	1.057.384	44.890.761
Irán	79.749	1.806.678
Turquía	59.800	1.725.535
EEUU	54.883	869.405
Ucrania	52.350	865.150
Japón	16.160	605.000
Egipto	29.154	623.059
España	8.303	685.518
Polonia	18.127	483.807
México	18.573	550.700

#### 1.4. Requerimientos edafoclimáticos

De acuerdo con **Casaca (2005)**, los requerimientos en cuanto a clima y suelo de la planta de pepino son los siguientes:

- **Temperatura:** El pepino se adapta a climas cálidos y templados y se cultiva desde las zonas costeras hasta los 1.200 metros sobre el nivel del mar. Por encima de 40°C el crecimiento se detiene, con temperaturas inferiores a 14°C, ocurre lo mismo, y en caso de prolongarse esta temperatura, se caen las flores femeninas. La planta muere cuando la temperatura desciende por debajo de 1°C, comenzando un marchitamiento general de muy difícil recuperación.

Las temperaturas y humedades óptimas para los distintos estados de la planta, de acuerdo con **Pérez (1984)** se muestran en la **tabla 2**.

**Tabla 2.** Temperaturas y humedades óptimas para los distintos estados de la planta.

Estados	Tª óptimas		Humedad Relativa óptima en %
	Día °C	Noche °C	
Germinación	25	25	90
Siembra y primer estado	23	18	90
Hasta la recolección	24	19	80
Durante la recolección	25	20	75

- **Humedad:** es una planta con elevados requerimientos de humedad, debido a su gran superficie foliar, siendo la humedad relativa óptima durante el día del 60-70% y durante la noche del 70-90%. Sin embargo, los excesos de humedad durante el día pueden reducir la producción, al disminuir la transpiración y en consecuencia la fotosíntesis, aunque esta situación no es frecuente. El exceso de humedad también puede provocar la aparición de enfermedades (**Casaca, 2005**).

- **Luminosidad:** el pepino es una planta que crece, florece y fructifica con normalidad incluso en días cortos (con menos de 12 horas de luz), aunque también soporta elevadas intensidades luminosas. A mayor cantidad de radiación solar, mayor es la producción (**Casaca, 2005**).

- **Suelos:** el pepino se puede cultivar en una amplia gama de suelos fértiles y bien drenados; desde los arenosos hasta los franco-arcillosos, aunque los suelos francos que poseen abundante materia orgánica son los ideales para su desarrollo. Se debe

contar con una profundidad efectiva mayor de 60 cm, que facilite la retención del agua y el crecimiento del sistema radicular para lograr un buen desarrollo y excelentes rendimientos. En cuanto a pH, el cultivo se adapta a un rango de 5.5-6.8, soportando incluso pH hasta de 7.5; se deben evitar los suelos ácidos con pH menores de 5.5 (**Casaca, 2005**).

## 1.5. Pepinos cultivados en invernadero

### Generalidades

Existen muchas definiciones para la palabra invernadero, una de ellas es: “el lugar preparado para defender a las plantas del frío y del viento, aunque desde el punto de vista agronómico, se puede considerar como un recinto cerrado, construido por un armazón de materiales diversos (madera, metal, plástico, alambre, hormigón...), que tienen un sistema de acceso, además de sistemas de ventilación, control de humedad y temperatura” (**Ortega y col., 2012**).

El fin primordial de los invernaderos es conseguir cosechas fuera de estación, con lo que al escasear en los mercados se obtienen precios más elevados.

Otras **ventajas** de acuerdo con **Pérez (1984)** son:

- Aumento en la precocidad de las cosechas, acortando su ciclo vegetativo.
- Aumento en los rendimientos.
- Mayor calidad de las cosechas, obteniendo frutos más sanos y uniformes.
- Mejor control de plagas y enfermedades.

De acuerdo con **Asensio (2012)**, los materiales plásticos utilizados deben cumplir una serie de requisitos:

- Permitir la transmisión de la radiación solar incidente en porcentajes altos, evitando las pérdidas por reflexión o absorción.
- Ser impermeable para las radiaciones de longitud de onda larga que emite el suelo durante el periodo nocturno.
- Ser ligero, resistente a la rotura y de bajo coste.

La **orientación** de los invernaderos en cuanto a luminosidad y viento es muy importante. La orientación influye no solo en la cantidad de radiación recibida sino también en la difusión uniforme dentro del invernadero, así la máxima radiación luminosa la recibirán los invernaderos con orientación Este-Oeste, mientras que si se disponen en dirección Norte-Sur, tendrán menos insolación, pero sí una distribución más uniforme de la misma. En cuanto al viento, es importante que la mayor parte de la superficie lateral del invernadero esté orientada frente a los vientos dominantes de la zona, con el objeto de mejorar la ventilación y reducir los posibles ataques de enfermedades, esto es así siempre y cuando estos no sean muy intensos y puedan causar daños a la estructura y/o al cultivo.

Según **Reche (2011)**, las **características climáticas** en el interior del invernadero son las siguientes:

- a) **Temperatura.** En el interior del invernadero el calor aumenta en relación con el incremento de la temperatura exterior. Cuanto más hermético sea, el aumento de temperatura respecto al exterior será mayor, ya que cuando no es completamente hermético se produce un intercambio de aire frío y seco que entra y cálido y húmedo que sale. Durante el día la temperatura interior es mayor a la exterior debido al escaso movimiento del aire, los valores medios alcanzados en cualquier época del año son superiores en 5-6 °C. Durante la noche ocurre lo contrario.

Muchas veces se hace necesaria una fuente de calor adicional para completar la radiación solar. Dicha fuente de calor puede consistir en una serie de tuberías de agua caliente que recorren el perímetro interno o bien disponer de un ventilador cerca de una estufa. Sea cual sea el sistema usado, se debe asegurar una buena ventilación.

En cuanto a la temperatura del suelo, a 20 cm de profundidad y con una capa de arena de 10 cm de espesor, alcanza valores máximos por la noche y más bajos por la mañana. Según **Asensio (2012)**, la temperatura del suelo es más importante que la del aire, con una temperatura del suelo por debajo de 7°C, las raíces crecen más despacio y no absorben fácilmente el agua ni los nutrientes. En el invernadero es difícil regular las altas temperaturas,

especialmente en verano, por lo que es conveniente disponer de un sistema de ventilación.

- b) **Humedad.** La humedad ambiental del invernadero depende de la humedad del terreno y de la temperatura, pudiendo llegar a valores extremos durante las horas nocturnas y bajar drásticamente durante el día al aumentar la temperatura. Por las noches se alcanzan puntos de saturación que como consecuencia producen una condensación en la superficie de las hojas y techo del invernadero, lo que aumenta la susceptibilidad de las plantas al ataque de enfermedades aéreas. Por las mañanas, la humedad es superior a la del exterior, a medida que se incrementa la temperatura en el interior del invernadero va disminuyendo la humedad. Al atardecer, la humedad del interior suele aumentar con respecto al exterior.

La humedad media en invierno es de 75 al 78 % mientras que las medias máximas superan el 96%. En primavera y otoño disminuye al 70 y 72 %. Es importante el control de este factor ya que una humedad alta favorece la transmisión de plagas y enfermedades y una humedad baja podría secar las plantas (**Navarro, 2008**).

- c) **Anhídrido carbónico.** Es imprescindible para la fotosíntesis. En el invernadero la concentración de este elemento puede variar a lo largo del día. Por la mañana la concentración es máxima (0,04-0,05 %), pero al intensificarse la función clorofílica, hacia las 9 horas, empieza a disminuir hasta llegar a la mínima concentración, alrededor del 0,02 %, sobre las 5 o 6 de la tarde. A partir de ese momento al reducirse la función clorofílica, el contenido de anhídrido carbónico comienza a subir hasta llegar de nuevo a valores máximos sobre las 9 de la noche (**Reche, 2011**).

### Clasificación

De acuerdo con **Reche (2011)** los frutos de pepino se clasifican en general en tres tipos:

- a) Los más alargados son conocidos como **“holandés” o tipo “Almería”** (donde se encuentran los pepinos estudiados) con longitudes superiores a los 25 cm. Pueden alcanzar hasta 40 cm con pesos medios de 400-500 gramos y 4 cm de

diámetro, lisos o con piel más o menos asurcada y cilíndricos (**figura 8**). La extremidad del fruto es puntiaguda. Las plantas son muy frondosas con hojas muy desarrolladas con 1-2 frutos por entrenudo. A la mayoría de las variedades se les ha incorporado resistencias a diversos tipos de virus y a enfermedades, principalmente contra oidio y mildiu.



**Figura 8.** Pepino tipo "Almería"

- b) Los de **tipo "francés"**, tienen un peso de 300-400 gramos, una longitud entre 20 y 25 cm aunque también hay variedades con frutos de menor tamaño y de 3-5 cm de diámetro. Son de color más oscuro que el anterior (**figura 9**). Las variedades producen 1-2 frutos por nudo.



**Figura 9.** Pepino tipo "francés".

- c) Los pepinos cortos o **tipo "español"**, son rectos y cilíndricos con espinas generalmente blancas. Poseen piel verde con rayas longitudinales de color amarillo o blanco más anchas y pronunciadas en la zona peduncular y un verde más acusado en el ápice (**figura 10**). Pueden llegar los frutos hasta 15-18 cm de longitud (aunque predominan los menores de 10-15 cm) y pesos entre 150-

300g. Su diámetro oscila entre 4 y 5 cm. Son variedades utilizadas para consumo en fresco y para industria.



Figura 10. Pepino tipo “español”.

### Labores básicas

En la **figura 11** se pueden observar las diferentes fechas de siembra y recolección de los pepinos tipo Almería en invernaderos.



Figura 11. Ciclo de cultivo.  
Fuente: Instituto Cajamar. (Camacho, 2003).

La siembra consiste en colocar la semilla directamente en la tierra (siembra directa) o en un sustrato apropiado (siembra en semillero). Ambas técnicas han sido utilizadas para la producción de los pepinos del estudio.

#### a) Siembra con semilla

Para la siembra directa se abren unos pequeños hoyos en el terreno donde se coloca una semilla, se cubre con un puñado de estiércol de lombriz (vermicompost) y posteriormente se añade una capa de tierra (**figura 12**).



**Figura 12.** Siembra en la parcela de experimentación.

b) Siembra con plántulas.

Se entiende por plantación la práctica de introducir en la tierra una planta a la profundidad y distancia prefijadas. El trasplante de la planta desarrollada en el semillero, se realiza siempre con cepellón, al no desarrollar fácilmente raíces adventicias. Dicho trasplante se realiza cuando existe una homogeneidad en altura y vegetación de todas las plantas, lo cual se suele producir por regla general a los 15-20 días desde la siembra, cuando la planta tiene entre 2 y 3 hojas verdaderas (**Reche, 2011**).

Para la plantación se abren hoyos en el terreno donde se sitúa el cepellón de forma que quede algo más bajo en relación con el terreno. Una vez colocado se cubre de tierra comprimiéndola ligeramente a su alrededor y rellenando los huecos que quedan entre el hoyo y el cepellón, por último se echa una capa de 2-3 cm de tierra (**figura 13**).



**Figura 13.** Plantación.

c) Entutorado

De acuerdo con **Reche (2011)**, la planta de pepino tiene gran facilidad para trepar por un hilo de rafia, ayudada por sus numerosos y largos zarcillos.



**Figura 14.** Entutorado.

Esto tiene una serie de ventajas:

- Permite que la planta reciba mejor iluminación y ventilación.
- Permanece erguida de forma que los frutos no tienen contacto con el suelo.
- Mejora la floración y el cuajado de los frutos.
- Facilita la recolección y la aplicación de tratamientos de control de plagas y enfermedades.
- Permite una mayor densidad de plantación.

La técnica es la siguiente: las cuerdas de rafia se atan a la base del tallo de la planta y el extremo se sujeta a un alambre horizontal situado a suficiente altura, normalmente unos 2-2,20 m. Se guía la planta en un principio alrededor del hilo para luego dejarla que por sí sola vaya rodeándolo, ayudada por sus propios zarcillos (**figura 14**).

d) Fertirrigación

Para cultivar pepino, es muy importante mantener un nivel de humedad constante y alto en el suelo para un óptimo desarrollo del sistema radicular.

La composición de la solución nutritiva aportada conjuntamente con el agua de riego se muestra en la **figura 15**.

Parámetros Analizados	Resultados	Unidades
pH	6,84	
C.E. (25 °C)	1,68	mmhos/cm
Sales totales disueltas	1,20	g/l
<b>Aniones</b>		
Parámetros Analizados	ppm	mmol/l
Carbonatos	0	0,00
Bicarbonatos	140	2,30
Nitratos	407	6,56
Sulfatos	80	0,83
Cloruros	185	5,21
Fosforo	13	0,42
<b>Cationes</b>		
Parámetros Analizados	ppm	mmol/l
Sodio	78	3,39
Potasio	65	1,66
Calcio	115	2,87
Magnesio	44	1,81
Amonio	45	2,49
<b>Microelementos</b>		
Parámetros Analizados	Resultados	Unidades
Hierro	0,76	ppm
Cobre	< 0,08	ppm
Manganeso	0,43	ppm
Zinc	0,22	ppm
Boro	0,43	ppm

**Figura 15.** Análisis de la composición de la solución nutritiva empleada en riego.

*Fuente: Comunicación personal Manuel Fuentes Cara (2013).*

## 1.6. SODIO Y SU RELACIÓN CON EL POTASIO

El sodio es necesario en nuestro organismo, siendo el catión más abundante del organismo, el 70% se encuentra en forma libre, principalmente situado en el líquido extracelular, el restante 30% es fijo y está situado en el hueso, cartílago y tejido conectivo (**Valverde y Silva, 2012**).

Interviene en el mantenimiento del equilibrio de las membranas celulares formando parte de la bomba de  $\text{Na}^+/\text{K}^+$ , está implicado en la regulación del ritmo cardiaco, en la transmisión de impulsos nerviosos, regulación del sueño, prevención de calambres musculares, etc. Sin embargo, debemos tener cuidado con que este consumo no sea excesivo, ya que puede causar problemas graves como la hipertensión que es uno de sus efectos adversos más conocidos, pero no solo existe este efecto adverso, como demuestra una reciente revisión sobre el papel del sodio en la dieta, realizada por **Aaron y Sanders, (2013)**. En esta revisión, varios estudios demuestran

que el consumo de elevadas cantidades de sal, juega también un papel importante en la disfunción endotelial, la estructura y función cardíaca, los problemas de riñón y la movilidad y mortalidad cardiovascular de la población.

La hipertensión arterial esencial es considerada como la principal causa de muerte por la OMS. Su prevalencia aumenta en proporción lineal con el aumento de edad. Es responsable del 62% de los accidentes vasculares cerebrales y del 48% de los infartos de miocardio. Una reducción de tan solo 2 mmHg de presión arterial, disminuye en aproximadamente un 7% el accidente vascular cerebral y en un 5% el infarto agudo de miocardio. En poblaciones aisladas con predominio de alimentos naturales, ricos en frutas y verduras, la ingesta individual de potasio excede los 150 mEq por día, mientras que el aporte de sodio es de sólo 20 a 40 mEq diarios, siendo la relación potasio-sodio mayor de 3, con prevalencias muy bajas de hipertensión arterial, menores al 3% (**Elliot, 2003**).

En contraste, poblaciones industrializadas, con un alto consumo de alimentos predominantemente procesados, ingieren entre 30 y 70 mEq de potasio diario y entre 100-400 mEq de sodio por día, es decir, con una relación de potasio-sodio menor de 0,4, acompañándose de elevadas y crecientes tasas de hipertensión arterial (**Dietary Referente Intake, 2005**).

El consumo de sodio para adultos sanos está limitado a 2300 mg/día de acuerdo con **Aronow y col., (2011)** y a 1700 mg/día en el caso de personas con hipertensión arterial (**OMS, 2003**). Según **Hernán y Valenzuela, (2012)** el demostrado efecto antihipertensivo de las dietas DASH (enfoque dietético para detener la hipertensión, del inglés Dietary Approaches to Stop Hypertension), ricas en frutas y verduras junto con un descenso adicional del consumo de sal nos permiten reforzar el concepto de dietas saludables.

De acuerdo con **García (2007)**, el sodio compite con el potasio por la absorción a través de los sistemas de transporte; la concentración de sodio suele ser mayor que la de potasio en ambientes salinos, como pueden ser las zonas de cultivo cercanas a la costa. Con nuestro estudio al incrementar el potasio, intentamos también conseguir que la captación de sodio por parte de la planta sea menor. Además un aporte excesivo de sodio puede reducir el número de frutos.

Investigaciones previas como la de **Kaya y col., (2001)** demostraron que la concentración de potasio en el fruto era deficiente en aquellos cultivos con alta concentración de sodio y dicha deficiencia era corregida si se realizaba una suplementación con potasio. **Ersin y Simsek (2004)** observaron que el potasio añadido mejoraba el efecto del estrés salino y las características de la raíz, así como el brote de la planta. Además un exceso de salinidad causa otros efectos negativos en la planta, ya que provoca inhibición de la fotosíntesis y de la síntesis de pigmentos, además de daños en la permeabilidad de las membranas y otros problemas metabólicos (**Sivritepe y Eris, 1996**).

Todos los estudios encontrados realizan un análisis de la modificación de estos dos cationes en la planta pero no en el fruto.

### **1.7. DAÑOS POR FRÍO**

Debido a las largas distancias de transporte, las cualidades sensoriales y nutricionales del pepino se modifican y cuándo llegan al lugar de venta, no se corresponden con las demandas del consumidor; llegando muchas veces a reducirse considerablemente la vida media de dicho producto (**Huyskens-Keil y col., 2000**). Por esta razón se ha considerado de gran interés realizar un estudio sobre las condiciones de conservación adecuadas para que el pepino se mantenga en óptimas condiciones el mayor tiempo posible.

Una parte de las muestras se someten a temperaturas de refrigeración comprendidas entre los 6-7°C con objeto de estudiar la sensibilidad de los pepinos a los daños por frío; mientras que otra parte se somete a temperaturas entre los 18-19°C que simulan las condiciones habituales de mantenimiento en los lugares de venta.

El color es el cambio más notable en casi todas las frutas y normalmente es el criterio más utilizado por los consumidores, para determinar si la fruta está madura o inmadura (**Kays, 1999**). Los cambios en el color de la piel son comunes en todos los productos hortofrutícolas, siendo parte natural del proceso de maduración o posterior senescencia (**Funamoto y col., 2002**), sin embargo, estos cambios de color pueden

verse acelerados por el estrés, daños por frío y exposición al etileno entre otros. Conforme avanza el proceso de maduración el color de la piel del pepino va cambiando de verde a amarillo oscuro, el valor chroma del pepino se incrementa significativamente (**Prono-Widayat y col., 2003**). De acuerdo con estos últimos autores, otro de los cambios encontrados con la maduración del pepino es la disminución del contenido en glucosa y fructosa, junto con un incremento del contenido en sacarosa, de lo que se deduce que los monosacáridos en el pepino joven (fundamentalmente glucosa) son utilizados como sustratos primarios de respiración; por tanto, la relación entre disacáridos y monosacáridos puede ser también un buen indicador del proceso de maduración.

La maduración de los frutos se asocia a los cambios en su fisiología, que se pueden medir con la respiración y la producción de etileno; sin embargo, de acuerdo con **Kader (2002)** esta medida no es un buen parámetro de control de la maduración debido a que existe variabilidad entre las tasas de respiración y producción de etileno entre las distintas muestras de un mismo fruta o vegetal.

Otras alteraciones encontradas con el paso del tiempo son hundimientos en la superficie, disminución en el pH y la concentración de azúcares, pérdida de agua, incremento de las tasas de respiración y de la producción de etileno (**Wang, 1993**).

Sería lógico pensar que la conservación de este fruto sería mayor en refrigeración, sin embargo, muchos autores han reportado la existencia de daños por frío producidos por las bajas temperaturas. Según **Kang y col., (2002)** los pepinos son sensibles a temperaturas por debajo de los 7 °C, ya que provoca daños por frío que limitan el uso de la refrigeración para prolongar la vida útil del producto. Este mismo autor afirma que la proporción de los hundimientos que aparecen en el producto aumenta al disminuir la humedad de almacenamiento y disminuye con el aumento de la temperatura de almacenamiento; lo que implica que la variable aparición de hundimientos en la superficie está inversamente relacionada con las variables humedad y temperatura. Por eso en nuestro estudio vamos a realizar un control de estos dos parámetros para ver su relación con los distintos parámetros que hemos estudiado y que se ven afectados por la maduración.

De acuerdo con **Martinez-Romero y col., (2003)** la firmeza del pepino (*Solanum miricatum*) sufre una disminución significativa a lo largo del almacenamiento, a

distintas temperaturas ambientales y de refrigeración, especialmente durante las primeras dos semanas. El ablandamiento producido como consecuencia de la sobremaduración de los vegetales frecuentemente se acompaña de un aumento de la fibrosidad en el interior del fruto (**Kader, 2002**).

En lo que se refiere a la producción de etileno, estos mismos autores observaron que se producía un rápido incremento del mismo después de tres días de almacenamiento a 20°C, registrándose un máximo en el séptimo día y disminuyendo lentamente después, a pesar de tratarse de un fruto no climatérico (**Suslow y Cantwell, 1997**) en los que se espera que no presente picos en la tasa respiratoria y la producción de etileno.

Respecto al contenido de glucosa y fructosa, de acuerdo con **Prono-Widayat y col., (2003)** se produce una disminución de su contenido durante la maduración, mientras que la sacarosa muestra un rápido incremento. De ello se deduce que los monosacáridos en el pepino joven, fundamentalmente glucosa, son utilizados como sustratos de respiración primarios.

## **1.8. ANÁLISIS SENSORIAL**

La evaluación sensorial de los alimentos es una función que realizamos los humanos, desde la infancia y de forma consciente, aceptamos o rechazamos los alimentos de acuerdo con las sensaciones que experimentamos al consumirlos y es por ello que para la evaluación de la calidad sensorial ha surgido una disciplina científica, el análisis sensorial, cuyo instrumento de medida son personas (**Ibáñez, 2001**).

El análisis sensorial de los alimentos es un examen de las propiedades organolépticas de un producto realizable con los sentidos (**ISO 5492:2008**). Se utiliza para medir, analizar e interpretar las reacciones a determinadas características de los alimentos (**Stone y Sidel, 1993**), es por tanto, un instrumento para el control de calidad y aceptabilidad de un alimento, y es por ese motivo que lo utilizamos en nuestro estudio para describir las características organolépticas de este alimento y para ver la aceptación por parte del consumidor de los pepinos sometidos a ambos tipos de conservación (refrigeración y ambiente). Es un punto importante a tener en cuenta

puesto que cuanto más fresco sea el producto y mejor sea su sabor, mayor será el consumo y las ventas (**Diehl y col., 2013**).

Existe una idea generalizada de que el análisis de alimentos debe llevarse a cabo en un laboratorio instrumental y se tiende a dar menos importancia al análisis sensorial, sin embargo, las técnicas de evaluación sensorial son tan científicas como las anteriores y se fundamentan en distintas disciplinas científicas como es el caso de la estadística, fisiología y psicología (**Anzaldúa-Morales, 2005**).

La calidad de un producto vegetal la determinan fundamentalmente sus propiedades sensoriales que juegan un papel decisivo de cara a la aceptación o rechazo por parte del consumidor. El flavor (olor, sabor, aroma y textura en boca) se está convirtiendo en uno de los atributos más importantes de la calidad de los productos hortícolas y uno que los productores buscan optimizar a través de la postcosecha (**Nicolaï y col., 2008**). Se ha visto que el flavor de un alimento tiene más influencia en la percepción de calidad de los productos que el aspecto visual (**Peri, 2006**). De acuerdo con **Harker and Johnston (2008)** la textura es tan importante como el flavor para los consumidores a la hora de elegir los distintos productos, esto manifiesta la importancia de realizar un análisis sensorial de las frutas y verduras puesto que valores de firmeza aceptables a nivel instrumental pueden no serlo a nivel humano.

El aspecto visual es otro de los atributos de calidad más importantes a tener en cuenta (**Mondino y Feratto, 2006**), puesto que cuando vamos a comprar frutas u hortalizas en lo que más nos fijamos es en el color, si tiene color verde típico, la forma, la ausencia de defectos visuales, el tamaño...También se tiene muy en cuenta la textura, puesto que si al coger el producto vemos que está blando lo vamos a rechazar inmediatamente.

Los cambios durante la maduración incluyen múltiples reacciones bioquímicas, que afectan a los compartimentos celulares y van a definir el color, sabor y textura. Cuanto más tiempo pase entre la recolección y el consumo de estos productos, mayor será la pérdida de sus propiedades en cuanto a textura, aroma y sabor (**Kader, 2008**).

Las tecnologías de conservación de productos vegetales tienen como objetivo principal no solo prolongar la vida útil del alimento desde el punto de vista de la seguridad, si no también que el alimento sufra la mínima degradación de sus

propiedades sensoriales iniciales (**Ancos, 2011**), es por este motivo que también incluimos en este trabajo la cata del pepino por un panel entrenado, para ver si la aceptación del conservado en nevera es mayor o menor que la del mantenido a temperatura ambiente.

Entre los atributos organolépticos evaluados se encuentran los siguientes, cuya descripción se encuentra en la norma:

□ **Gustativos (ISO 5492, 2008)**

- Sabor ácido: sabor básico producido por soluciones acuosas diluidas de sustancias ácidas como el ácido cítrico y el ácido tartárico.
- Sabor amargo: sabor básico producido por soluciones acuosas diluidas de sustancias como la quinina o la cafeína.
- Sabor dulce: sabor básico producido por soluciones acuosas diluidas de sustancias naturales o sintéticas como la sacarosa o el aspartamo.
- Sabor salado: sabor básico producido por soluciones acuosas diluidas de sustancias como el cloruro sódico.
- Sabor Umami: sabor básico producido por soluciones acuosas diluidas de ciertos tipos de aminoácidos o nucleótidos.
- Astrigente: sensación compleja acompañada por la contracción, tirantez y fruncimiento de la piel o mucosa bucal producida por sustancias tales como los taninos.
- Picante: sensación de irritación en las mucosas nasales y bucales.

□ **Textura (UNE 87025, 1996)**

- Dureza: propiedad mecánica relativa a la fuerza requerida para deformar el alimento o para hacer penetrar un objeto en él. En el caso del pepino al ser un producto sólido su análisis se hace poniendo la muestra entre los dientes y evaluando la fuerza necesaria para comprimirlo.
- Cohesión: propiedad mecánica relativa al grado de formación de un producto antes de romperse. Para evaluar las muestras se sitúa entre los dientes para valorar el grado de deformación antes de su rotura.

- Viscosidad: Propiedad relativa a la resistencia al flujo. Evalúa la fuerza necesaria para que el alimento se deslice por la lengua a velocidad constante.
- Adherencia: esfuerzo requerido para separar la superficie del alimento de otra superficie (lengua, dientes). El análisis se realiza poniendo la muestra en la lengua, presionándola contra el paladar y evaluando la fuerza necesaria para separarlos del paladar.
- Humedad: es una propiedad de superficie que describe la percepción del agua absorbida o liberada por el alimento. Refleja no solo la cantidad de agua sino el tipo, la velocidad y modo de liberación de absorción de la humedad.
- Fibrosidad: presencia de partículas alargadas de orientación paralela.

En el sector agroalimentario para medir la calidad de un producto debemos considerar el juicio emitido por el consumidor, basado en las variables que este considera de calidad (**Pérez-Elortondo, 2001**). Según este autor es fundamental realizar pruebas con consumidores de forma complementaria a los análisis descriptivos, ya que proporciona información muy valiosa sobre el mercado de consumo (preferencias de los consumidores), siendo un buen indicador del potencial de aceptación del producto, es por este motivo que también realizamos un ensayo hedónico. Para estos ensayos con el fin de minimizar la variabilidad de los datos, se recomienda un número mínimo de 30 sujetos que no tienen que estar entrenados, es suficiente darles unas instrucciones para rellenar las hojas de perfil o cuestionarios, estos sujetos deben ser consumidores habituales o potenciales del producto analizado.

Las pruebas a consumidores deben realizarse con un enfoque diferente al del análisis descriptivo utilizado con el panel entrenado, en el caso de los consumidores la evaluación se centra en el gusto, el grado de aceptación del producto y su preferencia ante otro similar (**Ramírez-Navas, 2012**).

## 1.9. APLICACIÓN MÓVIL

Los recientes avances tecnológicos, así como el crecimiento en el uso de los teléfonos inteligentes, tablets y ordenadores, junto con la mejora del acceso a Internet han dado

lugar a la aparición de muchas herramientas y aplicaciones diseñadas para aumentar la eficiencia y mejorar el flujo de trabajo (**Moylan, 2015**).

Las aplicaciones móviles son diseñadas para ejecutarse en teléfonos inteligentes, tabletas y otros dispositivos móviles. Funcionan con diferentes sistemas operativos móviles como Android, iOS, BlackBerry OS, Windows Phone.

El año 2007 fue el momento en que la venta de smarthphones se disparó, superando a la venta de portátiles (**Want, 2009**), esto coincide justo con el momento en que google anunció su entrada en el mundo de la telefonía móvil a partir de Android en aquel entonces un nuevo sistema operativo, libre y específico para teléfonos móviles (**El Mundo, 2007**). A partir de ese momento, los usuarios empezaron a ver cada vez más útil aquello de poderse conectar a internet en cualquier momento y lugar, a través de un objeto ligero que siempre se lleva encima como es el caso del teléfono. Desde entonces, las mejoras en los sistemas operativos no han dejado de aparecer y en los últimos años las aplicaciones móviles de distintas temáticas no han dejado de surgir y mejorarse, sin embargo, no hemos encontrado ninguna que trate sobre la temática que nosotros proponemos en nuestro estudio.

De acuerdo con **Carvajal y col., (2013)**, la productividad de la implementación de aplicaciones en plataforma Android es superior a iOS, 93,75% frente a 77,5%, es por esta razón que hemos elegido esta plataforma en nuestro estudio, ya que nuestra aplicación podrá tener mayor difusión.

Existen dos tipos de aplicaciones, aquella en las que dicha aplicación se conecta a un servidor de aplicaciones que se encuentra en Internet (**Talukder, 2010**), este servidor, a su vez, utiliza los servicios de un proveedor de ubicación, un Sistema de Información Geográfico (GIS) y de la información provista por diversos puntos de interés. Sin embargo, existen aplicaciones que se ejecutan directamente desde el teléfono, como es el caso de la que nosotros utilizamos.

En la actualidad el desarrollo de distintas aplicaciones en distintos campos es cada vez mayor, ya no se hacen solo aplicaciones para el entretenimiento como fue en un principio, cada vez encontramos más aplicaciones relacionadas con la salud y diversos estudios sobre ellas.

En los últimos años han proliferado las aplicaciones sobre temas de salud en dispositivos móviles, esto es debido a que suponen una forma atractiva, sencilla y

barata de obtener información sobre intervenciones en el estilo de vida (dieta y actividad física, por ejemplo) sin necesidad de acudir a un especialista y disponibles las 24 horas del día (**Tang y col., 2015**). De acuerdo con **Pagoto y col, (2013)** existen 30 populares aplicaciones móviles para la pérdida de peso que incluyen estrategias de comportamiento para conseguir una pérdida de peso basadas en estudios científicos.

Más próximo al campo que nosotros estamos tratando, hemos encontrado algunas aplicaciones para seguir la trazabilidad de los productos como es el caso del trabajo realizado por **Haoge y Wei (2011)**, en el que se desarrolló una aplicación que proporciona un apoyo técnico a la supervisión de la calidad de alimentos, permite el rastreo de dichos alimentos durante todo el proceso de producción hasta la venta al consumidor, siendo ventajoso por su bajo costo y posibilidades de expansión. También existe otro sistema de trazabilidad aplicado a los cultivos, en el que al escanear etiquetas de códigos QR localizadas en las plantas se pueden obtener los datos de trazabilidad al conectar con un servidor web (**Gao y Liu, 2014**). También existen otros sistemas de monitorización de cultivos vegetales, que si bien no utilizan aplicaciones móviles, si utilizan un sistema de control de temperatura y humedad del aire y suelo en los invernaderos que envía automáticamente mensajes de móvil informando de la situación en los mismos (**Yang y col., 2014**).

No hemos encontrado ninguna aplicación ni ningún estudio sobre calibración de productos vegetales, es por esto que consideramos que puede ser un sistema novedoso en lo que a técnica de calibración se refiere, barato, útil y con un gran potencial de mercado.



## **2. IMPORTANCIA Y OBJETIVOS DEL ESTUDIO**



## **2. IMPORTANCIA Y OBJETIVOS DEL ESTUDIO**

Actualmente, la sociedad no solo demanda una elevada producción de alimentos, si no productos con una elevada calidad nutricional capaces de satisfacer las necesidades nutricionales de macro y microelementos, con componentes activos que tengan efectos positivos para promover y/o restaurar las funciones fisiológicas del organismo y /o reducir el riesgo de contraer enfermedades (**Cortés y col., 2011**). Estos alimentos son conocidos como alimentos funcionales, esto es aquellos alimentos que producen efectos nutricionales intrínsecos, apropiados para mejorar la salud y reducir el riesgo de enfermedades. Los avances de la ciencia han permitido la obtención de productos frescos funcionales utilizando diferentes metodologías, en nuestro caso utilizamos la biofortificación.

Dado que la mayoría de micronutrientes son tomados de productos vegetales y el contenido de los mismos en los cultivos no es muy elevado; en los últimos años se está investigando sobre la biofortificación como una forma de enriquecer dichos productos vegetales, ya sea para consumo humano o animal (**Welch, 2002a**). Esta deficiencia también puede atribuirse a la producción de cultivos en áreas con fitodisponibilidad mineral baja (**Welch, 2002b**).

Actualmente se presta mucha atención a la economía en todos los países, por lo que también es importante considerar este aspecto de la nutrición. Para conseguir ahorrar costes cada vez más se aplican políticas de fortificación (**Lenoir-Wijnkoop y col., 2013**).

Los primeros estudios sobre biofortificación se realizaron en arroz y maíz, que son los alimentos más consumidos en los países del tercer mundo, donde estas deficiencias nutricionales son mucho más importantes. Actualmente, la malnutrición mineral es considerada como uno de los desafíos mundiales más graves para la humanidad y es evitable (**Consenso de Copenhague, 2004**).

La biofortificación de cultivos a través de la aplicación de fertilizantes minerales, en combinación con la cría de variedades con una mayor capacidad para adquirir elementos minerales, es defendida como una estrategia inmediata no sólo para aumentar las concentraciones de minerales en cultivos comestibles, sino también para mejorar los rendimientos en suelos infértiles (**Graham y col., 2007**). De acuerdo

con **White y Broadley, (2009)** las estrategias agronómicas para aumentar las concentraciones de elementos minerales en los tejidos comestibles se basan generalmente en la aplicación de fertilizantes minerales inorgánicos solubles que son rápidamente absorbidos por el suelo y captados por la planta.

La biofortificación según **Nestel y col. (2006)** consiste en aplicar técnicas que suponen una mejora de las características agronómicas además de nutricionales de los cultivos sin que se conviertan en transgénicos. La biofortificación por fitomejoramiento convencional mejora una característica ya existente en el cultivo.

Según **White y Broadley (2009)** las concentraciones tisulares de elementos minerales pueden ser muy variadas entre las especies de plantas que crecen dentro de un mismo entorno.

Hasta hace poco, los seres humanos consumían una dieta rica en potasio, sin embargo, el aumento del consumo de alimentos procesados junto con la reducción en el consumo de frutas y verduras, ha hecho que la ingesta de potasio se haya reducido en los últimos años (**He y MacGregor, 2008**). Estudios recientes en distintos países (**Rodriguez y col., 2014; Yang y col., 2011; Donfrancesco y col., 2013**) confirma que la ingesta de sodio está por encima de las recomendaciones diarias mientras que la ingesta de potasio está por debajo de esos valores.

Hay muchas evidencias que muestran que el aumento de la ingesta de potasio tiene efectos beneficiosos sobre la salud humana, estas son detallados a continuación.

Según **Macías y García (2008)** la hipopotasemia, muy frecuente en pacientes hospitalizados conlleva un mayor riesgo de trastornos cardiacos, arteriales, cerebrovasculares y renales. La disminución de la mortalidad por enfermedad cardiovascular, se atribuye al efecto directo del potasio sobre el sistema cardiovascular y a la reducción de la presión sanguínea que este produce (**He y MacGregor, 2008**). La suplementación con potasio en la dieta mejora la función endotelial, la estructura cardiovascular y sus parámetros funcionales (**He y col., 2010**).

De acuerdo con **Higdon (2004)**, la excreción urinaria de calcio anormalmente alta (hipercalciuria) aumenta el riesgo de desarrollo de cálculos renales. El aumento de potasio en la dieta a través del consumo de frutas y verduras, contribuye a disminuir la excreción urinaria de calcio. Según este mismo autor y **Zhu y col., (2009)** también existe asociación significativa entre la ingesta de potasio en la dieta y la densidad

mineral ósea (DMO) en poblaciones de mujeres premenopáusicas, perimenopáusicas y postmenopáusicas, así como en hombres de edad avanzada.

El potasio es el principal catión del líquido intracelular, por lo que juega un papel fundamental en el mantenimiento de la osmolaridad, el equilibrio ácido-base y el funcionamiento de las bombas de  $\text{Na}^+/\text{K}^+$  en las membranas celulares. De acuerdo con **Marins y col., (2000)** durante el ejercicio físico, la producción de grandes cantidades de sudor, junto con la variedad de ingesta nutricional, puede de forma combinada, promocionar respuestas antagónicas respecto a la concentración plasmática de este ion, produciéndose un desequilibrio hidroelectrolítico. Estos desequilibrios pueden cursar con mareos, vómitos, distensión abdominal, debilidad muscular, disminución o ausencia de reflejos, calambres...

Aunque los requerimientos mínimos se sitúan entre 1600 y 2000 mg/día (40-50 mEq), la ingesta de potasio se ha relacionado con la prevención de la hipertensión arterial, por lo que se aconseja incrementar este aporte por medio de frutas y vegetales (**Gil y col., 2005**).

Según la **USDA (2011)** la ingesta adecuada de potasio para disminuir la presión arterial y reducir al mínimo el riesgo de cálculos renales en las distintas edades, se encuentra recogida en la **tabla 3**. Como se puede observar los requerimientos son los mismos tanto para hombre como para mujer y destaca el aumento de estas recomendaciones en el caso de las mujeres en periodo de lactancia.

**Tabla 3.** Ingesta adecuada de potasio en las distintas etapas de la vida. *Fuente: USDA (2011).*

Ingesta Adecuada (AI) para el Potasio			
Etapa de la vida	Edad	Hombres (mg / día)	Mujeres (mg / día)
Bebés	0-6 meses	400	400
Bebés	7-12 meses	700	700
Niños	1-3 años	3.000	3.000
Niños	4-8 años	3.800	3.800
Niños	9-13 años	4.500	4.500
Adolescentes	14-18 años	4.700	4.700
Adultos	19 años y más	4.700	4.700
Embarazo	14-50 años	-	4.700
Lactancia	14-50 años	-	5.100

Este estudio puede tener repercusión internacional, ya que las guías dietéticas para los países americanos les instan a consumir más potasio, fibra, vitamina D, calcio y menos energía procedente de grasas saturadas y azúcares simples (**Monsivais y col., 2011**).

Dentro de todas las recomendaciones, el incremento del consumo de potasio es el más caro de todos y existe una predicción de que el consumo de productos para alcanzar estas recomendaciones, incrementará los costes de consumo una media de 279 €/año; mientras que cada vez que los consumidores obtienen un 1% de su energía diaria procedente de grasas saturadas y azúcares añadidos, el coste de su alimentación disminuye significativamente. **Drewnowski y col., (2014)** en su estudio sobre la relación existente entre el consumo de sodio y potasio con el coste de la dieta, concluye que las dietas con efecto beneficioso para la salud cardiovascular (aquellas ricas en potasio y bajas en sodio), tienden a ser más costosas. Por ello, esta forma de incrementar la ingesta de potasio podría ser ventajosa económicamente para ellos.

La elección del pepino como alimento para biofortificar, ha sido por sus características nutricionales, condiciones de fácil manejo y preparación, que pueden ser determinantes de un mayor consumo en aquellas personas que tienen poco tiempo para cocinar; así como su gran poder refrescante, que le asegura una buena acogida en periodos y zonas calurosas. No hay que olvidar, que el pepino es imprescindible en uno de los platos españoles más genuinos, como es el gazpacho; del cual existen muchas variantes, pero en todas ellas se debe encontrar este fruto, que transmite ese sabor refrescante tan característico. Además el aporte calórico del pepino es muy bajo 12 kcal/100g de acuerdo con **Mataix (2003)**, lo cual puede ser importante para las dietas de personas con sobrepeso u obesidad que a su vez requieren un elevado aporte de potasio.

Normalmente los pepinos son pelados antes de su consumo, sin embargo, existen poblaciones que los consumen con piel. En el caso de presencia de cera, esta se puede eliminar fácilmente poniendo el pepino en una corriente de agua bastante caliente, secándolo seguidamente con una toalla de papel (**Pérez, 1984**). Es por esta razón que nuestro estudio realiza el análisis de las muestras con y sin piel.

Teniendo en cuenta las consideraciones anteriores, los **objetivos** principales planteados en esta memoria de tesis doctoral son los siguientes:

1. Biofortificar con potasio el cultivo del pepino "*Cucumis sativus, L*" debido a la reducción de la ingesta de alimentos vegetales que se ha producido en los últimos años y para aumentar el aporte de potasio en la dieta puesto que es el catión principal del líquido intracelular, jugando un papel muy importante en numerosas funciones del organismo humano.
2. Estudiar distintas concentraciones de potasio en cultivos realizados a partir de semillas y plántulas para estimar los niveles máximos de este elemento que se pueden conseguir en el producto final.
3. Comprobar si existe una correlación entre el potasio y el sodio al aumentar los niveles del primero.
4. Analizar los daños que se producen por frío moderado (refrigeración) e intenso (congelación) en el pepino.
5. Realizar pruebas sensoriales descriptivas y de preferencia con muestras a temperatura ambiente y refrigeradas para estimar la calidad organoléptica de este alimento y su aceptación por parte del consumidor.



### **3. MATERIALES Y MÉTODOS**



### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Diseño de la finca experimental

Los pepinos sobre los que se ha hecho el ensayo son tipo Almería, la mitad proceden de semillas variedad “Valle” de la multinacional Rijk Zwaan y la otra mitad son plántulas procedentes de semilleros de la zona que también utilizan esa misma variedad de semilla.

Las semillas de variedad *Valle* (código 24-165 RZ) permiten obtener una variedad de pepino tipo holandés largo, de hoja mediana, porte abierto, 1-2 frutos por entrenudo, de gran vigor y potente, rebrote bajo condiciones de frío, mostrando siempre un excelente equilibrio entre producción y vegetación. Fruto de aspecto muy atractivo, de cuello corto y redondeado, con cierre pistilar pequeño. Recomendada para ciclos medios-tardíos de septiembre-octubre, en las zonas de costa de Almería y Granada (variedad de semilla: [www.rijkszwaan.es](http://www.rijkszwaan.es)).

Los invernaderos se encuentran en el Paraje Natural Punta Entinas-Sabinar (**figura 16**), situado en el litoral del sureste de la Península Ibérica, en el espacio comprendido entre El Ejido y Roquetas de Mar (Almería).



**Figura 16.** A) Vista aérea del poniente almeriense. B) Vista aérea de La Mojonera  
Fuente: Asensio, 2012.

Los tipos de invernaderos se pueden establecer de acuerdo con su morfología externa y sus características. Según **Serrano (1994)**, podemos distinguir:

- a) Planos o tipo Parral.
- b) Tipo raspa y amagado.
- c) Asimétricos.
- d) Capilla (a una o dos aguas) o doble capilla.
- e) Tipo túnel o semicilíndrico.

f) De cristal.

Nuestro caso se trata de invernadero tipo raspa y amagado (**figura 17**), que se trata de una estructura similar al tipo parral pero varía la forma y distribución de la cubierta.

Presenta una estructura constituida por dos partes:

- Vertical: soportes rígidos (inclinación hacia el exterior de aproximadamente 30°).
- Horizontal: dos mallas de alambre galvanizado superpuestas, para portar y sujetar la lámina de plástico.

La altura máxima es de 3 a 4,2 m formando lo que se conoce como raspa. La parte más baja es de 2 a 2,5 m, se conoce como amagado y permite colocar canalones para el desagüe.

Ventajas:

- Economía de construcción.
- Mayor volumen unitario l. que hace que la temperatura nocturna sea menor.
- Buena estanqueidad a la lluvia y al aire.
- Mayor superficie libre de obstáculos.
- Permite la instalación de ventilación central.

Inconvenientes

- Diferencias de luminosidad entre la vertiente norte y sur.
- Se dificulta el cambio del plástico de la cubierta.
- No aprovecha las aguas pluviales.



**Figura 17.** Invernadero tipo raspa y amagado donde tuvo lugar la investigación.

La zona experimental consta de dos áreas, un invernadero donde se utilizaron semillas para la siembra directa en el mismo y otro donde se emplearon plántulas procedentes de semilleros. La distribución del cultivo en ambos invernaderos se muestra en las **figuras 18 y 19**. Ambos invernaderos tienen instalado un sistema de riego por goteo informatizado para poder programar el fertiriego, así como estaciones de medida de la temperatura y humedad dentro de los mismos que quedan registradas a través de un programa informático.

Se tomaron 28 muestras en tres momentos diferentes, la primera toma de muestras se realizó el 12 de diciembre de 2012, la segunda el 25 de febrero de 2013 y la última el 3 de abril de 2013. Esas 28 muestras de cada tanda pertenecen la mitad al invernadero de semillas y la otra al de plántulas; incluyendo cada una de ellas un pepino procedente de tres plantas diferentes, sometidas a la misma concentración de sulfato potásico en disolución utilizado como complemento al fertilizante habitual, además de dos blancos no suplementados.

Las siglas S1 y P1 corresponden a 0,014 mg/L de sulfato potásico, S2 y P2 corresponden a 1 g/L; S3 y P3 son 2 g/L; finalmente S4 y P4 equivalen a una concentración de 4 g/L; correspondiendo la letra S a las procedentes de semilla y P a las de plántula.

Las muestras fueron identificadas cada una junto a la zona radicular, para poder localizar con facilidad la zona donde se aplicaron las disoluciones (**figura 20**). Entre cada muestra tratada, se intercalo un blanco para evitar posibles contaminaciones laterales de los tratamientos.



Figura 18. Invernadero semillas

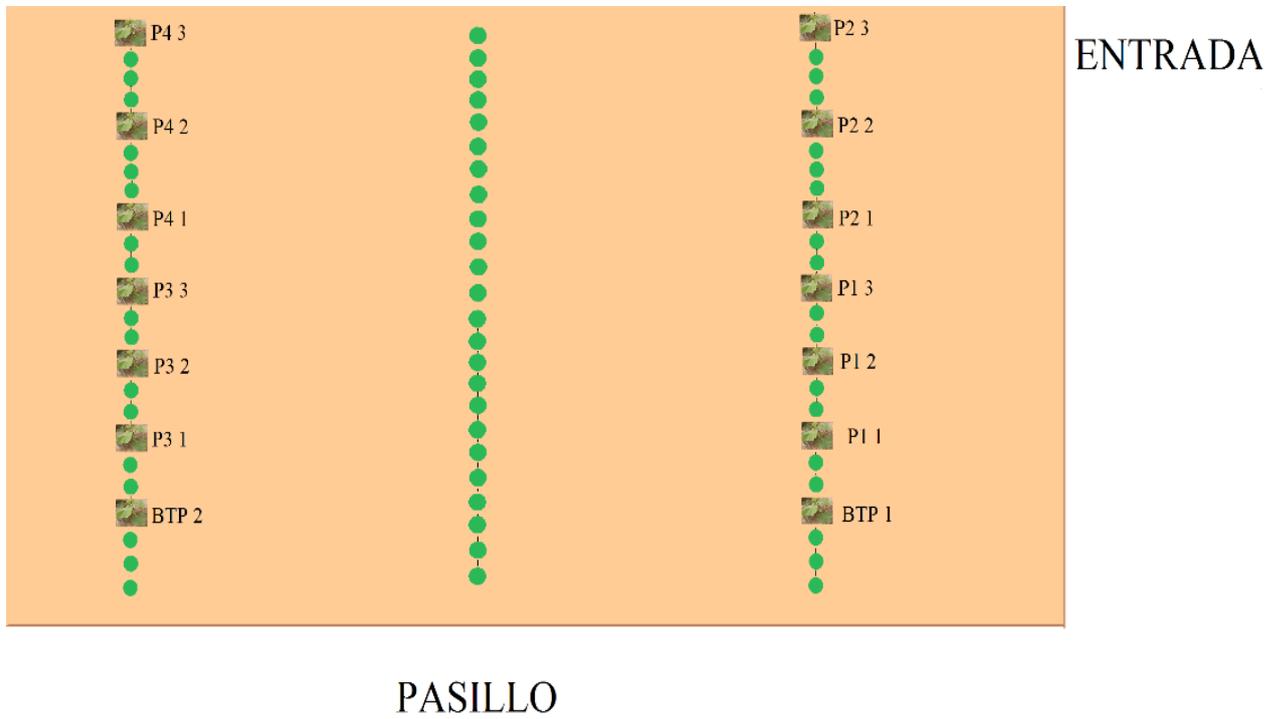


Figura 19. Invernadero plántulas



Figura 20. Marcado de las muestras.

### 3.2. Preparación y adición de las soluciones sulfato potásico

De acuerdo con **Fuentes Yague (1994)**, el sulfato potásico tiene una riqueza del 50% en  $K_2O$ , lo que es interesante considerar al hacer referencia a los resultados analíticos de los suelos expresados en  $K_2O$  (mg  $K_2O/100$  g suelo). La fertilización de suelos dedicados a cultivo con potasio, se podría hacer con dos componentes ( $KCl$  y  $K_2SO_4$ ). El primero tiene el inconveniente de no ser recomendable en los siguientes casos:

- a) En zonas salinas o potencialmente salinas, como pueden ser la zonas cercanas a la costa (es el caso de Almería, donde vamos a realizar nuestro estudio).
- b) Cuando la irrigación se efectúa con aguas potencialmente salinas.
- c) En suelos descalcificados ya que se producirían dos compuestos como son el  $CaCl_2$  (muy soluble) y  $CaSO_4$  (muy poco soluble).

Otro de los inconvenientes que presenta el  $KCl$  en su utilización como fertilizante para el cultivo del pepino, es que dicho cultivo es bastante sensible al exceso de sales, mostrando clorosis con alta frecuencia.

Por todo lo explicado anteriormente se eligió el  $K_2SO_4$  como fertilizante para suplementar la cantidad normalmente aportada en un cultivo. Las cuatro concentraciones utilizadas fueron establecidas de acuerdo con bibliografía.

1. Una concentración mínima (S1 y P1) de 0,014 g/L que corresponde a una cantidad referenciada de 1000 kg/h por **Maroto (1995)**.
2. Otra cantidad intermedia de 1 g/L (S2 y P2) cogida del Vademecum de productos fitosanitarios.
3. La cantidad intermedia de 2 g/L (S3 y P3) se ha elegido haciendo los cálculos correspondientes a nuestro caso, de acuerdo con **Pérez (1984)**, donde nos

indica una aportación de 30 g/m<sup>2</sup> de sulfato potásico para conseguir producciones del orden de 120 a 150 toneladas por hectárea.

4. En último lugar, una concentración máxima de 4 g/L (S4 y P4), en base a una elevación diferencial de las cantidades indicadas anteriormente.

La adición de disoluciones se hizo a partir de botellas de PCV junto con dosificadores de riego (**figura 21**) situados junto a la raíz de la planta (**figura 22**), los cuales liberan la disolución en función de las necesidades y humedad del suelo.



**Figura 21.** Botellas con dosificador



**Figura 22.** Colocación de las botellas

### **3.3. Calibración de frutos**

Según **Ortega y col., 2012** el calibre es una variable importante desde el punto de vista comercial, ya que se usa para clasificar los productos. La calibración se utiliza principalmente para clasificar los productos y separar aquellos que no cumplen los estándares de calidad, además de ayudar a las tareas de envasado y recolección con un óptimo grado de maduración.

Según el **Reglamento CE nº 1221/2008 de la Comisión del 5 de Diciembre de 2008** la calibración de los pepinos tipo Almería se hará por peso y longitud. El peso mínimo es de 250 g y el máximo 800 g. Si los pepinos pertenecen a la clase I deberán cumplir: si el peso se sitúa entre 250 y 500 g, la longitud mínima deberá ser de 20 cm, si pesa más de 500 g el mínimo se situará en 25 cm. Se tolerará para ambas clases I y II

un 10% en número o en peso que no cumpla con los requisitos de calibrado. A continuación se detallan las características de ambas clases.

#### Clase I

Deben:

- Estar bien desarrollados.
- Tener la coloración típica de la variedad.
- Estar exentos de defectos, incluida cualquier deformación, en especial las debidas al desarrollo de las semillas.
- Haber alcanzado un desarrollo suficiente.
- Estar bien formados y prácticamente rectos (altura máxima del arco 10 mm por cada 10 cm de longitud).

Se admiten los siguientes defectos:

- Una ligera deformación, con la exclusión de la debida al desarrollo de las semillas.
- Un ligero defecto de coloración, en especial la coloración clara de la parte del pepino que haya estado en contacto con el suelo durante el crecimiento.
- Ligeros defectos de la epidermis debidos al roce, a la manipulación o a las bajas temperaturas, siempre que estén cicatrizados y no afecten a la conservación del producto.

#### Clase II

Esta clase incluye los pepinos que no pueden clasificarse en la clase I pero presentan las características mínimas de calidad. Los pepinos rectos y ligeramente curvados pueden presentar los siguientes defectos:

- Deformaciones que no sean debidas a un desarrollo avanzado de las semillas.
- Defectos de coloración que se extiendan como máximo a un tercio de la superficie.
- Heridas cicatrizadas.
- Ligeros daños causados por el roce o la manipulación que no afecten seriamente a la conservación del producto ni a su aspecto.
- Altura máxima del arco de 20 mm por cada 10 cm de longitud.

Los pepinos curvados solo admiten los siguientes defectos y deben acondicionarse aparte:

- Leves defectos de coloración.
- Ningún otro defecto o deformación que no sea la propia curvatura.

Características mínimas de calidad

- Enteros
- Sanos, quedando excluidos los que presenten podredumbre u otras alteraciones que los hagan impropios para el consumo.
- Limpios, prácticamente exentos de materias extrañas visibles.
- Exentos de plagas.
- Prácticamente exentos de daños causados por plagas que afecten a la pulpa
- Exentos de un grado anormal de humedad exterior.
- Exentos de olores y sabores extraños.

Los productos deberán hallarse en un estado que les permita conservarse bien durante su transporte y manipulación así como llegar en condiciones satisfactorias a su destino.

La determinación del peso se realizará con una balanza digital modelo Mettler PE 2000 (**figura 23**) y la medida de la longitud con un calibre digital 500 mm/20in SPEC tarado de forma previa a la medida (**figura 24**).



**Figura 23.** Peso de los frutos.



**Figura 24.** Medida diámetro

### **3.4. Determinación del contenido en potasio por fotometría de llama**

El potasio se determina por **fotometría de llama** según los “Métodos Oficiales de Análisis de Alimentos” (**MAPA, 1994**).

### Preparación de la muestra. Obtención de cenizas

Se denominan cenizas de una muestra al conjunto de los productos de incineración del residuo obtenido tras la evaporación y calcinación de la muestra, de manera que se puedan obtener el  $K^+$ .

*Procedimiento:* poner 5 gramos de pepino aproximadamente (cortados con y sin piel) en una cápsula de porcelana previamente tarada. Calentar lentamente en un baño de arena (**figura 25**) hasta que la mayor parte de la sustancia orgánica esté carbonizada. Introducir la cápsula en el horno mufla a 525°C durante 6 u 8 horas (**figura 26**). Enfriar las cápsulas en un desecador 30 minutos (**figura 27**) y pesar.



**Figura 25.** Muestras en el baño de arena



**Figura 26.** Mufla



**Figura 27.** Cenizas de pepino en un desecador

### Método directo o de la recta de calibrado

Para la elaboración de la recta patrón (**figura 28**) utilizamos una solución patrón de potasio\* de concentración 1 g/L que viene preparada. A partir de esta solución se preparan las soluciones de 0, 1, 2, 3, 5 y 7 mg/L. El 0 mg/L se hace solo con agua miliQ.

\* Panreac Potassium Standard solution.  $K = 1,000 \pm 0.002$  g/L ICP

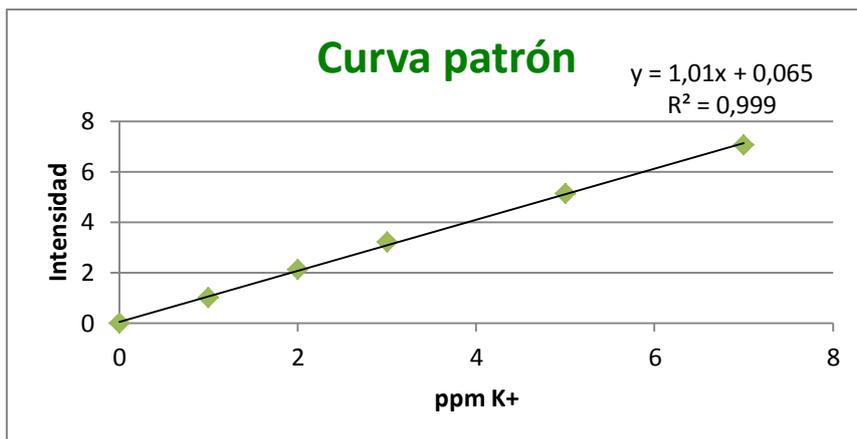


Figura 28. Ejemplo curva patrón potasio obtenida en la realización del estudio.

A partir de los puntos de la recta patrón se obtiene la ecuación correspondiente a la misma así como el  $R^2$  para ver la calidad de ajuste de los puntos obtenidos analíticamente a dicha recta. Como se puede observar la **figura 28** el ajuste de estos puntos a la recta es muy bueno ya que prácticamente  $R^2$  es 1.

#### Determinación de potasio por fotometría de llama

Efectuar la dilución conveniente de la muestra con agua destilada. Leer en el fotómetro (**figura 29**) de llama a 766-770 milímetros frente a las soluciones de referencia.

El contenido en potasio se calcula a partir del valor obtenido, despejando el valor correspondiente en la ecuación de la recta patrón, teniendo en cuenta la dilución efectuada a la hora de realizar los cálculos. Los resultados se expresan en miligramos de potasio/100 gramos de muestra.



Figura 29. Fotómetro de llama.

En nuestro estudio realizamos tres repeticiones de cada muestra para posteriormente hacer la media de dichos resultados y obtener un resultado final más exacto. A partir de dicha intensidad calculamos la concentración de potasio de acuerdo con la ecuación de la recta de calibrado; este resultado lo multiplicamos por el factor de dilución obteniendo así el resultado en mg potasio/100 ml disolución, que posteriormente efectuando los cálculos oportunos convertimos en mg potasio/100 g pepino.

### 3.5. Determinación del contenido en sodio por fotometría de llama

La emisión espectral del sodio se mide a 590 nm con el fotómetro de llama según los “Métodos Oficiales de Análisis de Alimentos” (MAPA, 1994) y se comparan las lecturas obtenidas con las de la curva patrón. El proceso de preparación de la muestra (cenizas) y la medición de las mismas es igual que en el caso de la determinación del potasio. Las únicas diferencias son la longitud de onda empleada en la medida y las concentraciones de solución patrón utilizadas para la elaboración de la curva de calibrado.

Para la elaboración de la curva patrón (figura 30) utilizamos una solución patrón de sodio\* de concentración 1 g/L que viene preparada. A partir de esta solución se preparan las soluciones de 0, 2, 5, 10, 15 y 20 mg/L. El blanco se hace con agua miliQ.

\* Panreac Sodium Standard solution. Na= 1,000±0.002 g/L AA

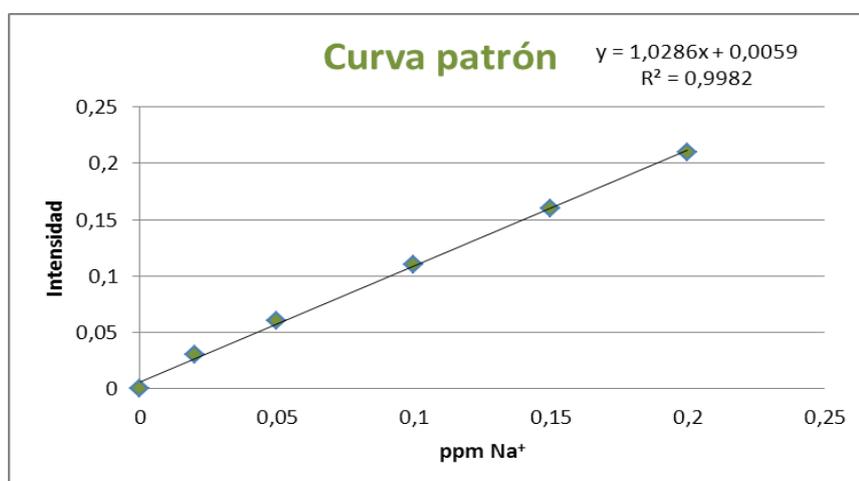


Figura 30. Ejemplo curva patrón sodio obtenida en la realización del estudio.

### 3.6. Material y métodos de los daños por frío

Se recogieron dos tandas de doce muestras, de las cuales cuatro se dejaron a temperatura ambiente en el laboratorio, cuatro en nevera y las otras 4 restantes en congelador. El control de las temperaturas se llevó a cabo con tres estaciones MRS-145 de medida de temperatura y humedad.

#### Determinación del color

Utilizaremos un colorímetro PCR-RGB2 (**figura 31**) que funciona de acuerdo con el método espectral. El método empleado se basa en el espacio de color RGB que es un modelo de color aditivo básico que se mezcla con el blanco, cada color se define por tres valores cuyo porcentaje puede variar entre 0 y 100%: rojo, verde y azul (Red, Green, Blue). El colorímetro nos mostrará el valor numérico de estos tres colores en una escala de 1023; esto quiere decir que los valores para los colores básicos son: Rojo (1023, 0, 0); Verde (0, 1023, 0) y Azul (0, 0, 1023). A continuación tenemos que adaptar estos valores a una escala de 255 que es la utilizada por el programa informático Color Schemer (<http://www.colorschemer.com/online.html>) que es el que utilizamos para poder datar el color exacto de la muestra.



**Figura 31.** Colorímetro PCR-RGB 2

#### Análisis de firmeza

Para ello se utiliza un penetrómetro digital PCE-PTR 200 (**figura 32**) con un puntal de penetración intermedio de 8 mm de diámetro indicado para frutas de dureza media como es nuestro caso.



Figura 32. Penetrómetro digital

Se realizan dos mediciones en la zona central de la muestra, en lados opuestos, tomando posteriormente el valor medio de ambas.

En cada uno de los puntos a medir, se elimina un trozo de piel de tamaño algo mayor que el del diámetro del puntal. La fruta se sitúa firmemente apoyada contra una superficie fija y dura para que pueda aplicarse correctamente la presión. Al realizar la medición, el cabezal, el puntal y la fruta deben estar en línea, efectuando la presión con el puntal de manera totalmente perpendicular. La presión debe de ser lenta y uniforme hasta que se alcance la muesca marcada en el puntal y debe durar al menos 2 segundos.

### Medida del peso

Se realiza un seguimiento de las modificaciones que se producen en el peso, para cuantificar la pérdida de agua que se va produciendo con el paso del tiempo. Para ello utilizaremos el mismo material que utilizábamos el estudio previo de las correlaciones de este parámetro con la longitud. Los resultados se muestran como porcentaje de pérdida de peso (Díaz-Pérez, 1998).

### **Medida de la longitud**

También se determina este parámetro para ver cómo se modifica con la pérdida de agua al igual que anteriormente se utiliza un calibre digital 500 mm/20in SPEC.

### **Determinación de etileno**

El pepino es un fruto no climatérico, es decir, acumulan directamente monosacáridos durante su crecimiento de forma que durante la maduración no experimentan incrementos significativos de su tasa respiratoria, no obstante, determinaremos este parámetro para observar las modificaciones producidas y las diferencias entre los distintos almacenamientos. La producción de etileno se determina para cada una de las condiciones de temperatura ensayadas. Se efectúa colocando cada muestra en un desecador herméticamente cerrado durante 1 hora y midiendo a continuación con un analizador de etileno ETHAN (**figura 33**) con un rango de medición de 0 a 100 ppm de etileno.



**Figura 33.** Medidor de etileno.

### **Contenido en azúcares**

La determinación del grado brix en frutos se utiliza para saber la concentración de azúcares de los mismos (gramos de azúcar por 100 gramos de disolución), para ello utilizaremos un refractómetro modelo zuzi serie 300 (**figura 34**).

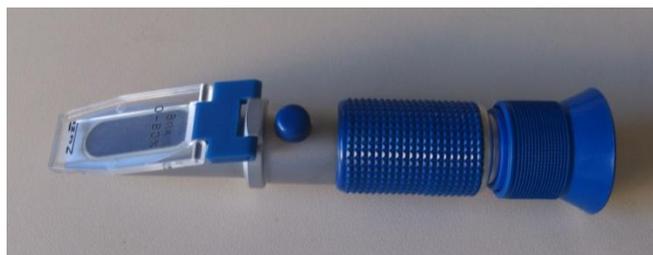


Figura 34. Refractómetro

Siguiendo el método de **Ortega y col., (2012)** se ponen unas gotas de la muestra líquida sobre la superficie del prisma de refracción y se cierra el prisma. La muestra debe ser homogénea, estar extendida por toda la superficie del prisma y no tener burbujas. El valor indicado en la escala de la nos dice directamente los grados brix que tiene la muestra. Hay que tener en cuenta que hay que hacer una corrección de estos grados brix según la temperatura utilizando para ello la **tabla 4**.

Tabla 4. Corrección de temperatura (Grados Brix)

Temperatura ° C		Grados Brix															
		0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	
10	A restar	0.50	0.54	0.58	0.61	0.64	0.66	0.68	0.70	0.72	0.73	0.74	0.75	0.76	0.78	0.79	
11		0.46	0.46	0.53	0.55	0.58	0.60	0.62	0.64	0.65	0.66	0.67	0.68	0.69	0.70	0.71	
12		0.42	0.45	0.48	0.50	0.52	0.54	0.56	0.57	0.58	0.59	0.60	0.61	0.61	0.63	0.63	
13		0.37	0.40	0.42	0.44	0.46	0.48	0.49	0.50	0.51	0.52	0.53	0.54	0.54	0.55	0.55	
14		0.33	0.35	0.37	0.39	0.40	0.41	0.42	0.43	0.44	0.45	0.45	0.46	0.46	0.47	0.48	
15		0.27	0.29	0.31	0.33	0.34	0.34	0.35	0.36	0.37	0.37	0.38	0.39	0.39	0.40	0.40	
16		0.22	0.24	0.25	0.26	0.27	0.28	0.28	0.29	0.29	0.30	0.30	0.31	0.31	0.32	0.32	
17		0.17	0.18	0.19	0.20	0.21	0.21	0.21	0.22	0.22	0.23	0.23	0.23	0.23	0.24	0.24	
18		0.12	0.13	0.13	0.14	0.14	0.14	0.14	0.15	0.15	0.15	0.15	0.16	0.16	0.16	0.16	
19		0.06	0.06	0.06	0.07	0.07	0.07	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	
20		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
21	A sumar	0.06	0.07	0.07	0.07	0.07	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08		
22		0.13	0.13	0.14	0.14	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16		
23		0.19	0.20	0.21	0.22	0.22	0.23	0.23	0.23	0.23	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24		
24		0.26	0.27	0.28	0.29	0.30	0.30	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.32	0.32	0.32		
25		0.33	0.35	0.36	0.37	0.38	0.38	0.39	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40		
26		0.40	0.42	0.43	0.44	0.45	0.46	0.47	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48		
27		0.48	0.50	0.52	0.53	0.54	0.55	0.55	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56		
28		0.56	0.57	0.60	0.61	0.62	0.63	0.63	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64		
29		0.64	0.66	0.68	0.69	0.71	0.72	0.72	0.73	0.73	0.73	0.73	0.73	0.73	0.73		
30		0.72	0.74	0.77	0.78	0.79	0.80	0.80	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81		

**pH**

El pH, es una medida para evaluar la concentración de iones H<sup>+</sup> en una disolución acuosa (**Lehninger, 1995**), por ello valores bajos de pH, indican una mayor acidez; esta acumulación de ácidos va a determinar el sabor final del pepino y el aumento del pH con el tiempo de almacenamiento sugiere probablemente el alcance

de la maduración (**Moreno y col., 2013**), más tarde se empieza a producir un descenso continuo durante el almacenamiento que probablemente sea consecuencia del inicio de la senescencia.

El sabor de los frutos está determinado en gran proporción por la relación que existe entre el contenido de sólidos solubles totales y la acidez titulable, por eso determinamos el valor del pH.

La determinación del pH se realiza con un pHmetro modelo GLP 21 (**figura 35**); previamente, se pesaron 5 g de pulpa y se licuaron con 25 mL de agua desionizada, se filtró el extracto obtenido y de éste último se tomaron 10 mL para registrar la lectura (**Moreno y col., 2013**).



**Figura 35.** pHmetro GLP 21

### **Análisis micro estructural**

Se analizarán los daños causados mediante análisis de imágenes, para ello se hace una evaluación de parte externa (exocarpo) e interna del pepino (endocarpo) una vez recolectado y tras varios días de almacenamiento con una lupa Olympus modelo SZX12 (**figura 36**) y diferentes aumentos (x 7, x 16 y x 25).



**Figura 36.** Lupa utilizada para el análisis de imágenes

### Índice de maduración

El índice de maduración de los cultivos hortofrutícolas se calcula como la relación existente entre los sólidos solubles totales ( $^{\circ}$ Brix) y la acidez titulable (**Rodarte y col., 2008**).

La determinación de los grados brix se ha descrito con anterioridad.

La determinación de acidez, se realiza mediante volumetría ácido-base, utilizando NaOH como base y fenolftalína como indicador (**Suzanne, 2003**).

La preparación de la muestra se realiza mediante batido y posterior filtrado con papel de filtro de 90 mm. Se transfieren 20 mL de filtrado de pepino a un vaso de precipitado de 250 mL. Se añaden aproximadamente 50 mL de agua destilada y 3 gotas de una disolución de fenolftaleína al 1%. Se titula con una disolución de NaOH 0,1 N hasta el viraje verde claro a rosa claro (**figura 37**).

La fórmula utilizada para el cálculo es:

$$\% \text{ de ácido} = \frac{(\text{mL de base valorante}) \times (\text{N de la base}) \times (\text{Peso equivalente de ácido})}{\text{Volumen de la muestra en mL} \times 10}$$

N del NaOH = 1

Peso equivalente del ácido cítrico = 64,04 g

Volumen de la muestra = 20 mL



**Figura 37.** Viraje de medio ácido a básico

### 3.7. Valoración organoléptica

El análisis sensorial se divide en tres grupos: descriptivo, discriminativo y del consumidor (**Salgado y col., 2014**). En este trabajo se realiza un análisis descriptivo con un panel de catadores seleccionados por un jefe de panel y un panel de consumidores.

Los principales tipos de representación que se utilizan para perfilar los productos son los histogramas, las representaciones polares y el análisis de componentes principales (**Sancho y col., 1999**).

#### Preparación de la muestra

Las muestras refrigeradas se sacarán a temperatura ambiente aproximadamente dos horas antes de la cata con el objeto de que ambas muestras analizadas tengan la misma temperatura, de forma que no pueden utilizarse las diferencias de temperatura como criterio diferenciador.

Quince minutos antes de la cata se comenzará con la preparación de las muestras para que no pierdan su frescura natural característica que es uno de los aspectos más valorados. Para ello se lavan los pepinos (puesto que serán catados con piel), se cortan en rodajas de aproximadamente 1 cm de espesor y se codifican.

### **Panel analítico**

Realizamos un análisis descriptivo de ambas muestras (ambiente y refrigeración) para la caracterización de las mismas, para ello utilizamos un panel compuesto por catadores entrenados, pertenecientes a la Sala de Cata Multidisciplinar del Seminario de Estudios Gastronómicos y Enológicos de la Universidad de Granada.

El objetivo principal de las pruebas descriptivas es definir las propiedades sensoriales del pepino y medirlas de una forma objetiva evaluando la magnitud o intensidad de los atributos presentes en las muestras.

Las valoraciones organolépticas tienen que realizarse en un lugar diseñado para tal fin, que tiene que responder a las siguientes especificaciones (**Briz y García, 2004**):

- El área de preparación de las muestras estará separado del área de prueba, de forma que los catadores no puedan ver al director de la prueba preparando las muestras.
- El local debe ser agradable y convenientemente iluminado. Se recomienda un color liso y claro en las paredes.
- El local será de fácil limpieza y estará aislado de ruidos (preferentemente insonorizado) y olores extraños (dispondrá de un sistema de ventilación eficaz).
- Espacio suficiente entre las cabinas para que el catador pueda realizar cómodamente la prueba.
- La iluminación debe ser uniforme y regulable.
- El local se debe mantener en condiciones térmicas e higrométricas agradables. Se recomienda una temperatura entre 20 y 22 °C y humedad entre 60 y el 70 %.

Existen distintos tipo de escalas para cuantificar la percepción sensorial de los atributos valorados: nominal, ordinal, de intervalo y de relación. Nosotros vamos a utilizar la escala gráfica de intervalo, en ella la respuesta dada por el sujeto se estima a partir de la marca hecha sobre un eje que generalmente mida 10 cm (**Ibáñez, 2001**). La ventaja de esta variante de escala lineal es la ausencia de valores numéricos asociados con la respuesta, de forma que no se condiciona la respuesta suministrada.

Para la realización de estas pruebas son necesarios los paneles analíticos con un número de catadores seleccionados y entrenados comprendidos entre 8 y 12 coordinados por un jefe de panel que aplicará el tratamiento estadístico a los

resultados encontrados por los catadores, proporcionando de esta manera mayor fiabilidad y objetividad a los resultados.

En el panel analítico han participado 10 catadores entrenados o cualificados, según **Bárceñas, (2001)** son sujetos que poseen una buena sensibilidad para la detección de propiedades sensoriales, habiendo recibido una formación y preparación en el ámbito de la evaluación sensorial, coordinados por el jefe de panel.

Se realizó un entrenamiento previo de los 10 catadores seleccionados que participaron tal como indica la norma **UNE 87017 (1992)** con el fin de mejorar su capacidad para identificar y evaluar la intensidad de la propiedades del pepino, que es un producto con el que no estaban familiarizados en las catas, este entrenamiento tuvo lugar durante 1 mes.

Estos ensayos se han llevado a cabo en la sala de cata multidisciplinar del Seminario de Estudios Gastronómicos y Enológicos de la Universidad de Granada.

De cada fruto se descartó el extremo y se cortaron longitudinalmente.

A cada catador se le suministró una muestra codificada de pepino por cada método de conservación. Estas muestras se presentaron en platos de plástico codificados con tres dígitos (dos números y una letra). El orden de presentación fue aleatorio. Cada catador también dispone en la cabina de pan tostado sin sal y agua mineral a temperatura ambiente (para eliminar los restos que quedan en la boca entre muestra y muestra), así como la hoja de perfil para anotar las sensaciones percibidas (**figura 38**).



**Figura 38.** Procedimiento de la valoración organoléptica del pepino

La técnica utilizada por el panel de catadores fue la prueba independiente en la que no se requiere acuerdo del equipo, los catadores registran sus percepciones de manera independiente (**UNE 87017:1992**).

Esta prueba consta de varias fases: visual, olfativa, gustativa y de textura; cada catador anota en la hoja de perfil sus percepciones.

Se utilizó una escala unipolar continua para comprobar la intensidad de los distintos atributos, en este tipo de escala el punto cero se localiza en el extremo y va aumentando progresivamente la intensidad hasta el punto final que indica la apreciación máxima del atributo (**UNE-ISO 4121:2006**).

También se utilizó esta escala para evaluar la impresión global del producto, para lo que se tienen en cuenta si las notas identificadas son adecuadas o no, así como la intensidad con que se manifiestan y el grado de armonía con que se percibe en conjunto (**ISO 6658:2005**).

La ficha de cata utilizada es la que aparece en la **figura 39**.

 Universidad de Granada	Sala de Cata Multidisciplinar del SEGE (Universidad de Granada)	Página 70 de 203	
	<b>VALORACIÓN ORGANOLEPTICA PEPINO</b>		

**HOJA DE PERFIL**

**FASE VISUAL:**

Color superficie \_\_\_\_\_

Color interior \_\_\_\_\_

\*Apariencia de frescura \_\_\_\_\_

Tamaño \_\_\_\_\_

Forma (regularidad) \_\_\_\_\_

Rugosidad \_\_\_\_\_

Cantidad de semillas \_\_\_\_\_

Distribucion de semillas \_\_\_\_\_

Tamaño de semillas \_\_\_\_\_

Otros \_\_\_\_\_

Defectos \_\_\_\_\_

**FASE OLFATIVA:**

Vegetal/verde \_\_\_\_\_

Dulce \_\_\_\_\_

Cítrico \_\_\_\_\_

Fruta \_\_\_\_\_

Frescura \_\_\_\_\_

Tierra \_\_\_\_\_

Otros \_\_\_\_\_

Defecto \_\_\_\_\_

**FASE GUSTATIVA:**

**Dulce** \_\_\_\_\_

Salado \_\_\_\_\_

Amargo \_\_\_\_\_

Acido \_\_\_\_\_

Umami \_\_\_\_\_

Picante \_\_\_\_\_

Astringente \_\_\_\_\_

Vegetal \_\_\_\_\_

Otros \_\_\_\_\_

Defecto \_\_\_\_\_

**ATRIBUTOS DE TEXTURA**

Firmeza (tacto) \_\_\_\_\_

Dureza de la piel \_\_\_\_\_

Uniformidad de la mordida \_\_\_\_\_

Liberación de humedad \_\_\_\_\_

Fibrosidad \_\_\_\_\_

Jugosidad \_\_\_\_\_

Carnosidad \_\_\_\_\_

Harinosidad \_\_\_\_\_

Cohesividad \_\_\_\_\_

**IMPRESIÓN GLOBAL**

**Observaciones:**

Nombre del catador: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_ Código de la muestra: \_\_\_\_\_ Firma: \_\_\_\_\_

Figura 39. Hoja perfil para el panel analítico de catadores.

### Panel de consumidores

Por otra parte realizamos una cata hedónica con un panel de consumidores para ver la preferencia de los mismos hacía una u otra. De acuerdo con **Altisent (2011)**, los consumidores frecuentemente no están satisfechos con el sabor de las frutas cuando estas han sido conservadas a bajas temperaturas.

Las degustaciones hechas por catadores tipo consumidor pueden llevarse a cabo en un lugar común.

La cata de consumidores se realizó durante un evento de divulgación de la científica “Desgranando Ciencia” que tuvo lugar en el Parque de las Ciencias de Granada los días 13 y 14 de diciembre de 2014 (**figura 40**), con lo que se tuvo acceso a un amplio número de personas a las que se realizó la cata de preferencia. La población muestreada fue elegida al azar, entre la gente que se acercaba a hacer el taller se le proponía la realización de la cata, dándole las instrucciones para realizarla. A la hora de tomar las dos muestras, se dejaba libertad al consumidor para empezar por la que desease, de forma que no tuviese influencia en los resultados finales el que comenzase con una u otra.



**Figura 40.** Cata consumidores durante el evento “Desgranando Ciencia”.

El tipo de catador participante en este panel se trata de un sujeto consumidor, de acuerdo con **Bárcenas (2001)**, son personas que no están vinculadas con las pruebas sensoriales, ni trabajan con alimentos ya sea como investigadores o

empleados en fábricas procesadoras, son personas elegidas al azar que deben cumplir el requisito de ser consumidores habituales o potenciales del producto.

A los participantes se les entregó la ficha de cata (**figura 41**), en la que se incluyeron preguntas relativas a la razón y frecuencia de consumo además de las preguntas de preferencia entre las dos muestras comparadas y escala de valoración global de las mismas, explicándoles brevemente como tenían que rellenarla.

La prueba de preferencia se realizó dando a probar dos rodajas de pepino, la 1 correspondiente a pepinos mantenidos a temperatura ambiente y la 2 conservados en refrigeración y se les pedía que señalaran cuál de las dos muestras preferían, también se denomina prueba de comparación pareada (**Pérez-Elortondo, 2001**).

**HOJA DE PERFIL (PEPINO)**

HOMBRE
 EDAD

MUJER

1. Razones por las que consume pepino fresco (señale una o varias)

- Sabor
- Saludable
- Nutritivo
- Barato

2. Frecuencia de consumo:

- Diariamente
- Semanalmente
- Mensualmente
- Anualmente

3. ¿Cuál de las dos muestras prefiere?

1
  2

4. Impresión global. Marque con una x la opción que más se ajuste:

	<u>Muestra 1</u>	<u>Muestra 2</u>
Baja o desfavorable	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Media	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Buena o favorable	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**Figura 41.** Ficha de cata panel de consumidores.

### **3.8. Aplicación móvil**

El desarrollo de aplicaciones móviles requiere el uso de entornos de desarrollo integrados (programas informáticos compuestos por un conjunto de herramientas de programación: editor de código, un compilador, un depurador y un constructor de interfaz gráfica), en este caso el programa utilizado ha sido Android Studio. El lenguaje de programación ha sido Java.

La elaboración de la aplicación ha seguido los siguientes pasos:

1. Etapa de análisis: en la que se obtuvieron las ecuaciones predictivas de peso, longitud y diámetro.
2. Etapa de diseño: aquí se incluye el diseño conceptual de los datos, diseño arquitectónico y diseño de interfaz. En esta etapa se ha tenido en cuenta la usabilidad de la misma, esto es que su diseño sea intuitivo y fácil de utilizar.
3. Etapa de implementación en un emulador.
4. Etapa de pruebas en dispositivos móviles.

## **4. RESULTADOS, TRATAMIENTO ESTADÍSTICO Y DISCUSIÓN**

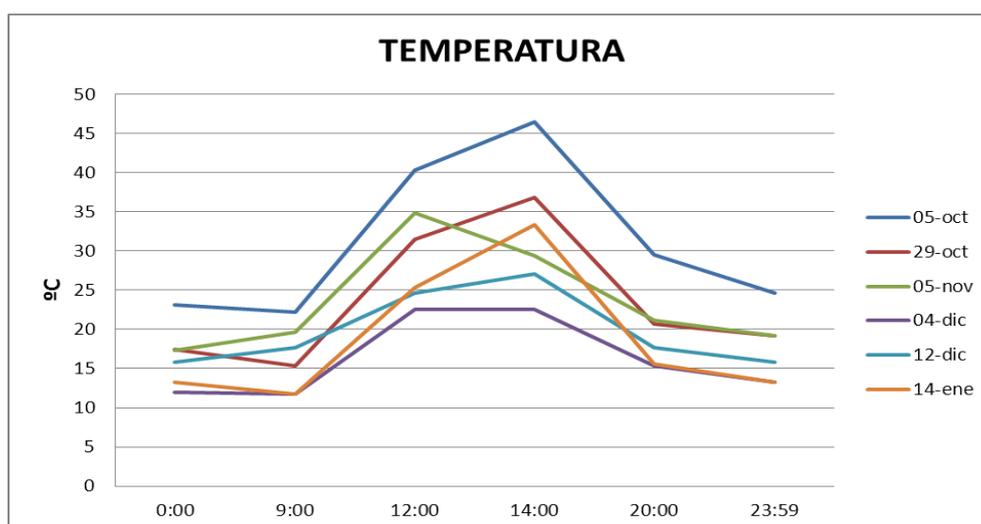


#### 4. RESULTADOS, TRATAMIENTO ESTADÍSTICO Y DISCUSIÓN

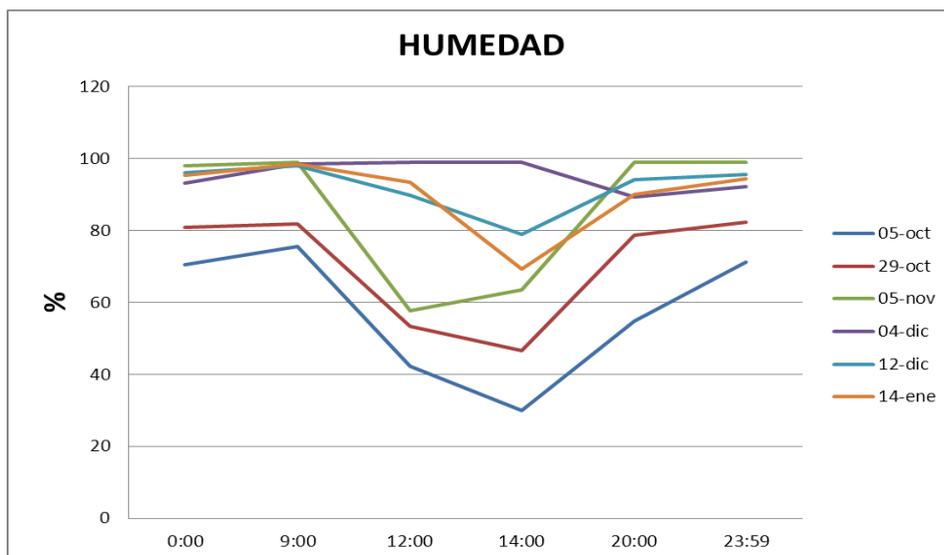
##### 4.1. Registros temperatura y humedad en el invernadero

Se han tomado los registros de la temperatura y humedad en diferentes días desde la siembra (5 de octubre), así como durante el cultivo. Como se puede observar en la **figura 42**, durante el día la temperatura es mayor que durante la noche. El pico máximo de temperatura se alcanza a las 14 horas.

La humedad (**figura 43**), al principio de la mañana es más elevada y a medida que se incrementa la temperatura en el interior del invernadero va disminuyendo, alcanzando su valor mínimo a las 14 horas coincidiendo con los máximos de temperatura; mientras que al atardecer, y por la noche aumenta. Todo ello coincide con lo comentado en el apartado 1.5 donde se habla de las características climáticas en el interior del invernadero.



**Figura 42.** Temperatura en el interior del invernadero a lo largo del día.



**Figura 43.** Humedad en el interior del invernadero a lo largo del día.

La temperatura media durante el desarrollo del cultivo es de 21,7 °C situándose el valor máximo en 46,5 °C y el mínimo en 11,8 °C. En cuanto a la humedad media se sitúa en torno al 83,3 %, siendo los valores máximos y mínimos 99,9 y 29,9 % respectivamente.

#### 4.2. Dimensión y peso de los frutos

Se midió la longitud, diámetro y peso de los frutos en los tres periodos ensayados con el objeto de estudiar si existía algún tipo de relación entre el tamaño del fruto y el contenido en potasio así como para ver cuál eran los parámetros medios de las muestras que estábamos tratando en cada momento.

En las **tablas 5, 6 y 7** se muestran los resultados de estas medidas.

Tabla 5. Peso y dimensión de los frutos de la primera recogida.

MUESTRA	PESO (g)	LONGITUD (mm)	DIAMETRO (mm)
BTS 1	294,80	272,71	42,81
BTS 2	401,90	306,05	44,52
S1 1	330,90	298,77	41,29
S1 2	341,30	293,50	41,58
S1 3	354,10	338,51	38,66
S2 1	322,70	283,75	42,36
S2 2	348,80	293,74	44,07
S2 3	267,10	269,30	38,83
S3 1	214,50	263,31	34,77
S3 2	412,30	319,13	44,87
S3 3	329,10	315,65	40,83
S4 1	217,20	305,29	31,01
S4 2	441,60	319,65	46,68
S4 3	336,40	305,96	41,57
BTP 1	535,30	364,32	48,08
BTP 2	470,40	367,11	44,56
P1 1	481,30	367,68	45,69
P1 2	190,90	294,09	30,76
P1 3	570,20	390,85	47,54
P2 1	541,50	381,13	47,45
P2 2	270,70	318,37	35,08
P2 3	435,60	349,30	43,88
P3 1	236,00	303,00	33,30
P3 2	186,00	284,56	30,25
P3 3	402,02	352,38	43,52
P4 1	450,40	353,56	44,45
P4 2	542,60	366,79	48,55
P4 3	398,50	351,98	41,32

BTS = Blanco Testigo Semilla

BTP = Blanco Testigo Plántula

S1, S2, S3 y S4 = Distintas concentraciones ensayadas en semilla

P1, P2, P3 y P4 = Distintas concentraciones ensayadas en plántula

Los pesos de los pepinos son variables, tienen un valor medio de 368,72 g, sin embargo, el pepino más grande pesa 570,20 g en contraste con el más pequeño cuyo peso es de 186 g.

La longitud media es de 322,52 mm y el diámetro medio de 41,37 mm.

Tabla 6. Peso y dimensión de los frutos de la segunda recogida.

MUESTRA	PESO (g)	LONGITUD (mm)	DIAMETRO (mm)
BTS 1	240,00	253,57	38,19
BTS 2	341,90	293,14	42,42
S1 1	196,90	271,60	32,36
S1 2	225,10	264,14	36,04
S1 3	190,70	282,51	32,72
S2 1	203,20	252,89	36,41
S2 2	218,20	207,97	41,41
S2 3	80,50	175,47	26,00
S3 1	233,80	262,10	33,77
S3 2	234,10	270,63	32,91
S3 3	292,30	305,46	37,04
S4 1	149,10	238,34	29,91
S4 2	330,00	288,39	40,72
S4 3	244,00	292,82	37,03
BTP 1	339,80	296,86	41,90
BTP 2	301,30	280,43	41,53
P1 1	375,30	287,52	43,55
P1 2	251,00	246,84	41,42
P1 3	286,00	266,16	42,85
P2 1	206,50	229,05	40,27
P2 2	276,60	290,62	37,06
P2 3	281,60	265,82	40,37
P3 1	256,00	249,98	40,36
P3 2	350,60	290,64	42,59
P3 3	423,00	307,94	46,63
P4 1	361,40	294,46	45,04
P4 2	337,80	282,16	43,52
P4 3	404,50	300,49	45,28

BTS = Blanco Testigo Semilla

BTP = Blanco Testigo Plántula

S1, S2, S3 y S4 = Distintas concentraciones ensayadas en semilla

P1, P2, P3 y P4 = Distintas concentraciones ensayadas en plántula

En la segunda recogida el peso medio de los pepinos es menor que en la anterior 272,54g, situándose el valor máximo 423 g y el mínimo 80,50 g.

La longitud media es 269,57 mm y el diámetro medio 38,90 mm, ambos inferiores a la primera recogida.

Tabla 7. Peso y dimensión de los frutos en la tercera recogida.

MUESTRA	PESO (g)	LONGITUD (mm)	DIAMETRO (mm)
BTS 1	321,3	334,17	40,74
BTS 2	340,1	297,71	41,00
S1 1	234,3	246,44	38,66
S1 2	321,7	241,87	44,19
S1 3	32,8*	183,85	14,80
S2 1	249,0	274,68	36,88
S2 2	142,6	233,52	32,18
S2 3	215,5	262,69	38,56
S3 1	304,2	300,55	41,57
S3 2	252,7	307,86	37,03
S3 3	372,1	364,85	39,70
S4 1	295,7	274,31	43,33
S4 2	309,6	288,66	39,94
S4 3	210,5	270,28	35,15
BTP 1	240,0	238,60	41,51
BTP 2	262,7	254,28	43,22
P1 1	225,0	219,37	40,31
P1 2	258,4	304,73	37,30
P1 3	162,6	279,57	35,91
P2 1	225,7	281,50	35,49
P2 2	394,8	268,50	47,58
P2 3	220,3	283,94	35,14
P3 1	212,8	270,47	34,39
P3 2	226,7	244,88	35,55
P3 3	183,1	225,82	37,98
P4 1	243,3	250,49	39,63
P4 2	232,6	284,04	38,66
P4 3	220,5	269,65	38,09

BTS = Blanco Testigo Semilla

BTP = Blanco Testigo Plántula

S1, S2, S3 y S4 = Distintas concentraciones ensayadas en semilla

P1, P2, P3 y P4 = Distintas concentraciones ensayadas en plántula

\*S1.3 se considera valor perdido y no se tiene en cuenta para los cálculos al ser marcadamente más pequeño que el resto.

En la tercera recogida el peso medio de los pepinos es similar a la segunda 254,7 g, situándose el valor máximo 394,8 g y el mínimo 32,8 g, siendo tan pequeño este último que se ha considerado parcela perdida.

La longitud media es 273,09 mm y el diámetro medio 38,02 mm, muy similares a la segunda recogida.

### 4.3. Contenido en potasio de los pepinos

#### PRIMERA RECOGIDA

En la **tabla 8** se muestran los resultados obtenidos tras el análisis de potasio con fotometría de llama en las distintas muestras ensayadas así como en los blancos para el primer periodo de recogida.

**Tabla 8.** Contenido en potasio de la primera recogida

MUESTRA (semilla)	mg K+/100g pepino	MUESTRA (planta)	mg K+/100g pepino
BTS 1 c	104,04	BTP 1 c	103,65
BTS 1 s	92,90	BTP 1 s	90,29
BTS 2 c	95,86	BTP 2 c	117,26
BTS 2 s	81,34	BTP 2 s	93,72
S1 1 c	106,20	P1 1 c	133,34
S1 1 s	86,46	P1 1 s	96,19
S1 2 c	90,96	P1 2 c	149,67
S1 2 s	65,03	P1 2 s	124,99
S1 3 c	121,44	P1 3 c	132,57
S1 3 s	99,76	P1 3 s	94,08
S2 1 c	110,18	P2 1 c	116,90
S2 1 s	73,98	P2 1 s	98,44
S2 2 c	97,36	P2 2 c	130,71
S2 2 s	88,69	P2 2 s	119,46
S2 3 c	88,66	P2 3 c	144,53
S2 3 s	68,33	P2 3 s	140,49
S3 1 c	111,63	P3 1 c	144,84
S3 1 s	93,65	P3 1 s	118,23
S3 2 c	106,80	P3 2 c	136,34
S3 2 s	87,78	P3 2 s	122,23
S3 3 c	101,44	P3 3 c	104,60
S3 3 s	80,08	P3 3 s	97,21
S4 1 c	93,21	P4 1 c	120,79
S4 1 s	83,93	P4 1 s	96,55
S4 2 c	102,32	P4 2 c	104,86
S4 2 s	87,28	P4 2 s	83,62
S4 3 c	100,67	P4 3 c	126,85
S4 3 s	83,79	P4 3 s	105,21

BTS = Blanco Testigo Semilla

BTP = Blanco Testigo Plántula

S1, S2, S3 y S4 = Distintas concentraciones ensayadas en semilla

P1, P2, P3 y P4 = Distintas concentraciones ensayadas en plántula

c= pepinos analizados con piel

s= pepinos analizados sin piel

En primer lugar realizamos la *prueba t de Student* para muestras independientes, con el objeto de ver si existen diferencias significativas entre los pepinos cultivados en un invernadero (a partir de semillas) y otro invernadero (a partir de plántula desarrollada en semillero y trasplantada con cepellón).

Para poder aplicar la *prueba t de Student* y hacer un contraste de las medias de potasio entre las muestras analizadas de los dos invernaderos; debemos comprobar que existe normalidad en las mismas; para ello, hemos realizado un contraste de normalidad con la *prueba de Shapiro-Wilk* al tratarse de un número pequeño de muestras (menor de 50) y el resultado ha sido, que efectivamente las muestras siguen una distribución normal con un 95% de probabilidad; razón por la que aplicamos la prueba t de student.

**Tabla 9.** Prueba t de Student comparación muestras procedentes de semilla y plántula

		Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
								Inferior	Superior	
muestras	Se han asumido varianzas iguales	6,191	,016	-5,324	54	,000	-22,99464	4,31873	-31,65318	-14,33610
	No se han asumido varianzas iguales			-5,324	48,159	,000	-22,99464	4,31873	-31,67730	-14,31198

Dado que el nivel de significación del estadístico de Levene, sig 0,016 (**tabla 9**), es menor de 0,05 se acepta la hipótesis nula de igualdad de las varianzas con un nivel del confianza del 95%. Por tanto, nos fijamos en los estadísticos de la prueba t correspondientes a la fila “no se han asumido varianzas iguales”. Como el p-valor (0,000) asociado al estadístico t es menor de 0,05 no se puede aceptar la hipótesis nula de igualdad de medias y consecuentemente podemos concluir que existen diferencias significativas entre las muestras de ambos invernaderos con un nivel del confianza del 95%.

**Tabla 10.** Contenido en potasio medio entre las muestras procedentes de semilla y plántula

	var_agr_inver	N	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media
muestras	semilla	28	92,9918	13,04534	2,46534
	plántula	28	115,9864	18,76327	3,54592

Como se puede observar en la **tabla 10**, la concentración de potasio es mayor en los pepinos obtenidos en del invernadero de plántulas en comparación con los procedentes del invernadero de semillas.

Como existen diferencias significativas entre ambos tipos de cultivo, procedemos a analizarlos separadamente. Comenzamos con el análisis estadístico de las muestras procedentes de semilla seguidas del análisis de las procedentes de plántulas.

### **Pepinos de cultivo procedente de semillas**

En primer lugar queremos saber si existen diferencias significativas entre las muestras de pepinos analizadas con y sin piel; para ello realizamos un contraste de medias mediante la *prueba t de Student*. Para poder aplicar esta prueba, antes debemos comprobar que existe normalidad en las muestras; para ello, hacemos un contraste de normalidad con la *prueba de Shapiro-Wilk* (**tabla 11**) al tratarse de un número pequeño de muestras (menor de 50).

**Tabla 11.** Pruebas de normalidad de las muestras de pepino con y sin piel

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Con piel	0,977	14	0,955
Sin piel	0,960	14	0,715

Al ser el p-valor en ambos casos (0,955 y 0,717) mayor de 0,05 se puede aceptar la hipótesis nula con un nivel de confianza del 95%, por lo que podemos decir que las variables siguen una distribución normal con ese nivel de confianza.

Pasamos a realizar el contraste de medias mediante la *prueba t de Student* (**tabla 12**) para muestras independientes, con el fin de comparar si existen diferencias significativas entre las concentraciones de potasio en los pepinos con y sin piel cultivados en invernadero procedentes de semilla.

**Tabla 12.** Prueba t de Student comparación muestras con y sin piel procedentes de semilla.

		Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba t para la igualdad de medias		
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)
Muestras	Se han asumido varianzas iguales	0,037	0,849	5,270	26	0,000
	No se han asumido varianzas iguales			5,270	25,828	0,000

Dado que el nivel de significación del estadístico de Levene (sig 0,849), es mayor de 0,05 se acepta la hipótesis nula de igualdad de las varianzas con un nivel del confianza del 95%. Por tanto, nos interesan los estadísticos de la prueba t correspondientes a la fila “se han asumido varianzas iguales”. Como el p-valor (0,000) asociado al estadístico t es menor de 0,05 no se puede aceptar la hipótesis nula de igualdad de medias y consecuentemente podemos concluir que existen diferencias significativas del contenido en potasio de las muestras con y sin piel, con un nivel del confianza del 95%.

En la **tabla 13** se puede observar esta diferencia, ya que se comprueba que la concentración de potasio es mayor en los pepinos con piel.

**Tabla 13.** Valores medios de potasio para las muestras con y sin piel procedentes de semilla.

		N	Media	Desviación típ.
Muestras	Con piel	14	102,1979	8,85947
	Sin piel	14	83,7857	9,61354

Como hemos comprobado que existen diferencias significativas entre las muestras con y sin piel, procedemos a aplicarle su estadística descriptiva de forma separada.

En la **tabla 14** se muestra la estadística descriptiva de los valores de potasio en pepino para las muestras de pepino con piel. Como se puede observar en ella, el valor máximo corresponde a S1 y el mínimo a S2 de las muestras con piel.

**Tabla 14.** Estadísticos descriptivos para las muestras con piel de la primera recogida

mg K <sup>+</sup> /100 g pepino con piel		Estadístico	
<b>Con piel</b>	Media	102,1979	
	Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior	97,0826
		Límite superior	107,3132
	Mediana	101,8800	
	Varianza	78,490	
	Desv. típ.	8,85947	
	Mínimo	88,66	
	Máximo	121,44	

La **tabla 15** muestra los valores máximos y mínimos para estas mismas muestras. Encontramos valores máximos en todas las concentraciones estudiadas menos en la máxima (S4). Encontramos valores mínimos en todas las concentraciones ensayadas menos (S3) y también encontramos un blanco.

**Tabla 15.** Valores máximos y mínimos para las muestras con piel de la primera recogida

		mg K <sup>+</sup> /100g pepino	Concentración K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
<b>Con piel</b>	<b>Mayores</b>	121,44	S1
		111,63	S3
		110,18	S2
		106,80	S3
		106,20	S1
	<b>Menores</b>	88,66	S2
		90,96	S1
		93,21	S4
		95,86	BTS
		97,36	S2

La estadística descriptiva correspondiente a los valores de potasio en pepino para las muestras sin piel, se puede ver en la **tabla 16**.

**Tabla 16.** Estadísticos descriptivos para las muestras sin piel de la primera recogida

mg K <sup>+</sup> /100 g pepino con piel		Estadístico	
Sin piel	Media	83,7857	
	Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior	78,2350
		Límite superior	89,3364
	Mediana	85,1950	
	Varianza	92,420	
	Desv. típ.	9,61354	
	Mínimo	65,03	
	Máximo	99,76	

El valor de la media es bastante inferior al de las muestras con piel, a continuación comprobaremos de forma estadística si efectivamente existen diferencias significativas con un nivel de confianza.

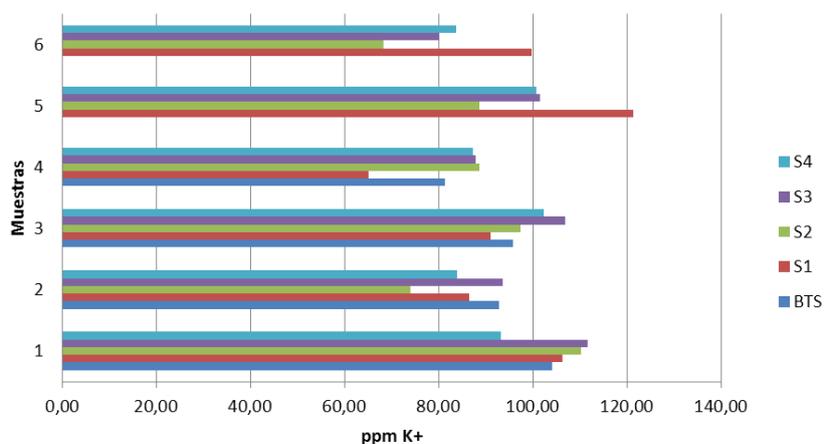
Los valores máximo y mínimo corresponden a la misma concentración (S1) como puede verse en la **tabla 17**. El valor máximo coincide con la misma muestra de pepino que daba también valor máximo cuando se efectúa el análisis con piel. El valor mínimo ha cambiado de concentración de S2 a S1.

**Tabla 17.** Valores máximos y mínimos de las muestras sin piel

		mg K <sup>+</sup> /100g pepino	Concentración K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
Sin piel	Mayores	99,76	S1
		93,65	S3
		92,90	BTS
		88,69	S2
		87,78	S3
		-----	
Menores	65,03	S1	
	68,33	S2	
	73,98	S2	
	80,08	S3	
	81,34	BTS	

Al igual que en las muestras con piel encontramos máximos en todas las concentraciones ensayadas menos en S4, pero en este caso (sin piel) también encontramos entre los de mayor concentración, un blanco. Tanto los valores máximos como mínimos tienen igual comportamiento (**tabla 17**).

En la **figura 44** se muestra un diagrama de barras en el que se puede ver, las concentraciones ensayadas que producen un mayor o menor contenido en potasio en el pepino recolectado.



**Figura 44.** Relación K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> añadido-K<sup>+</sup> en pepino final (semilla)

**Pepinos de cultivo procedente de plántulas**

En primer lugar comprobamos si existen diferencias significativas en el caso de las muestras con y sin piel; como ocurría en el caso anterior. Para ello, tras comprobar que las muestras siguen una distribución normal aplicamos la *prueba t de student* (**tabla 18**), en la que podemos comprobar, que efectivamente existen diferencias con un 95 % ya que el p-valor asociado al estadístico t es menor de 0,005.

**Tabla 18.** Prueba t de Student comparación muestras con y sin piel procedentes de semilla.

		Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias		
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)
		Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior
Plántula	Se han asumido varianzas iguales	0,123	0,728	3,400	26	0,002
	No se han asumido varianzas iguales			3,400	25,890	0,002

En la **tabla 19** se muestra la estadística descriptiva de los valores de potasio para las muestras de pepino con piel. En ella se puede observar que el valor de la media es superior al caso de las semillas. En este caso el valor máximo corresponde a

la concentración más baja (P1), al igual que en el caso anterior, y el mínimo corresponde a un blanco como sería lógico esperar.

**Tabla 19.** Estadísticos descriptivos para las muestras con piel de la primera recogida

			Estadístico
Con piel	Media		126,2079
	Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior	117,3270
		Límite superior	135,0887
	Mediana		128,7800
	Varianza		236,581
	Desv. típ.		15,38120
	Mínimo		103,65
	Máximo		149,67

Entre los valores máximos se encuentran las concentraciones P3 y P1 mientras que en los mínimos se sitúan dos blancos (**tabla 20**).

**Tabla 20.** Valores máximos y mínimos para las muestras con piel de la primera recogida

			mg K <sup>+</sup> /100g pepino	Concentración K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
Con piel	Mayores	1	149,67	P1
		2	144,84	P2
		3	144,53	P3
		4	136,34	P3
		5	133,34	P1
	Menores	1	103,65	BTP
		2	104,60	P3
		3	104,86	P4
		4	116,90	P2
		5	117,26	BTP

La estadística descriptiva en el caso de las muestras sin piel de esta primera recogida, se puede ver en la **tabla 21**. Aquí se puede observar que la media del contenido en potasio es bastante menor que en el caso de estas mismas muestras analizadas con piel, sin embargo, es significativamente superior que en el caso de las muestras obtenidas a partir de semillas en las que el valor medio era 83, 78 mg K<sup>+</sup>/100 g pepino.

El máximo corresponde a una concentración de P2 y el mínimo a P4.

**Tabla 21.** Estadísticos descriptivos para las muestras sin piel de la primera recogida

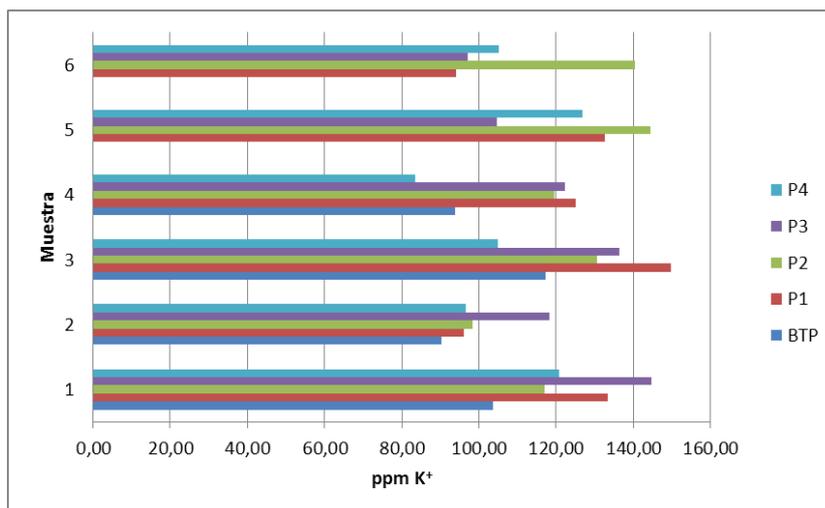
			Estadístico
Sin piel	Media		105,7650
	Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior	96,2848
		Límite superior	115,2452
	Mediana		97,8250
	Varianza		269,592
	Desv. típ.		16,41926
	Mínimo		83,62
	Máximo		140,49

Entre los valores máximos (**tabla 22**) se encuentran las concentraciones intermedias P2 y P3; entre los valores mínimos se encuentran los blancos y la concentración más baja (P1); llama la atención que entre estos valores mínimos se encuentra también una muestra sometida a la máxima concentración (P4).

**Tabla 22.** Valores máximos y mínimos para las muestras con piel de la primera recogida

			mg K+/100g pepino	Concentración K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
Sin piel	Mayores	1	140,49	P2
		2	124,99	P1
		3	122,23	P3
		4	119,46	P2
		5	118,23	P3
	Menores	1	83,62	P4
		2	90,29	BTP
		3	93,72	BTP
		4	94,08	P1
		5	96,19	P1

En la **figura 45** se muestra la relación entre las concentraciones y el contenido final de potasio en el pepino.



**Figura 45.** Relación K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> añadido-K<sup>+</sup> en pepino final (plántula)

Ahora vamos a estudiar si existen diferencias significativas entre las distintas concentraciones ensayadas entre si y en comparación con el blanco. Aunque antes hemos comprobado que las muestras siguen una distribución normal, al tratarse de menos de 20 datos, a la hora de realizar la comparación de medias entre los 5 grupos, es más correcto considerar no normalidad, utilizando para ello la *prueba de Kruskal-Wallis* para muestras independientes, que hace la comparación en función de la mediana, en lugar de la prueba ANOVA utilizada para distribución normal, que realiza la comparación de la varianza.

Los resultados obtenidos para el caso de las muestras procedentes de semilla son los mostrados en la **tabla 23**:

**Tabla 23.** Prueba de Kruskal-Wallis para las distintas concentraciones de potasio ensayadas

	K <sup>+</sup> SEMILLAS
Chi-cuadrado	1,435
gl	4
Sig. asintót.	0,838

En los pepinos cultivados en invernadero a partir de semillas, al ser el p-valor (0,838) asociado al estadístico chi-cuadrado mayor de 0,05 podemos afirmar que no existen diferencias significativas entre las distintas concentraciones ensayadas con un 95% de probabilidad.

En el caso de las muestras procedentes de plántula los resultados son mostrados en la **tabla 24**:

**Tabla 24.** Prueba de Kruskal-Wallis para las distintas concentraciones de potasio ensayadas

	K PLANTAS
Chi-cuadrado	6,468
gl	4
Sig. asintót.	0,167

Al igual que el caso de las semillas al ser el p-valor 0,167 se puede afirmar que no existen diferencias significativas entre las distintas concentraciones ensayadas con un 95% de probabilidad.

### **Correlación entre las variables peso y contenido en potasio**

Queremos comprobar también si existe asociación entre las variables: contenido en potasio y peso del pepino. Para determinar el grado de dicha asociación, aplicamos el *coeficiente de correlación de Pearson* (**tabla 25**).

**Tabla 25.** Coeficiente de correlación de Pearson para las variables peso y concentración potasio.

		K	Peso
K	Correlación de Pearson	1	,109
	Sig. (bilateral)		,711
	N	14	14
Peso	Correlación de Pearson	0,109	1
	Sig. (bilateral)	0,711	
	N	14	14

El coeficiente de correlación de Pearson ( $r$ ) es de 0,711. Esto quiere decir que la correlación existente entre las variables no es muy alta. Sin embargo, como este resultado no es estadísticamente significativo ni al 0,05 ni al 0,01 (ya que el p-valor es superior 0,791), se puede afirmar que no existe ninguna relación lineal entre las variables.

**SEGUNDA RECOGIDA**

En la **tabla 26** se muestran los resultados obtenidos tras el análisis de potasio en las distintas muestras ensayadas así como en los blancos para el segundo periodo de recogida.

**Tabla 26.** Contenido en potasio de la segunda recogida de pepinos

MUESTRA (semilla)	mg K+/100g pepino	MUESTRA (planta)	mg K+/100g pepino
BTS 1 c	76,00	BTP 1 c	138,31
BTS 1 s	70,68	BTP 1 s	117,05
BTS 2 c	85,05	BTP 2 c	149,69
BTS 2 s	84,87	BTP 2 s	117,47
S1 1 c	86,02	P1 1 c	162,30
S1 1 s	81,85	P1 1 s	98,01
S1 2 c	89,37	P1 2 c	202,53
S1 2 s	80,85	P1 2 s	114,94
S1 3 c	96,42	P1 3 c	203,74
S1 3 s	85,37	P1 3 s	108,09
S2 1 c	121,82	P2 1 c	144,39
S2 1 s	115,29	P2 1 s	125,04
S2 2 c	98,62	P2 2 c	174,66
S2 2 s	96,46	P2 2 s	107,75
S2 3 c	192,83	P2 3 c	154,65
S2 3 s	181,96	P2 3 s	150,33
S3 1 c	87,08	P3 1 c	148,31
S3 1 s	82,71	P3 1 s	121,03
S3 2 c	95,70	P3 2 c	124,40
S3 2 s	88,82	P3 2 s	111,52
S3 3 c	128,55	P3 3 c	113,05
S3 3 s	101,48	P3 3 s	105,06
S4 1 c	117,57	P4 1 c	112,58
S4 1 s	110,95	P4 1 s	89,99
S4 2 c	107,60	P4 2 c	140,49
S4 2 s	95,62	P4 2 s	112,04
S4 3 c	106,15	P4 3 c	139,95
S4 3 s	94,35	P4 3 s	116,08

BTS = Blanco Testigo Semilla

BTP = Blanco Testigo Plántula

S1, S2, S3 y S4 = Distintas concentraciones ensayadas en semilla

P1, P2, P3 y P4 = Distintas concentraciones ensayadas en plántula

c= pepinos analizados con piel

s= pepinos analizados sin piel

**Pepinos de cultivo procedente de semillas**

Hacemos el contraste de normalidad para las muestras utilizando la *prueba de Shapiro-Wilk* (**tabla 27**).

**Tabla 27.** Pruebas de normalidad de las muestras de pepino con y sin piel

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Semilla	0,910	57	0,000

Dado que el p-valor mostrado en la columna Sig. para el test de Shapiro-Wilk en ambas variables (0,003 y 0,001) es menor de 0,05 se rechaza la hipótesis nula con un nivel de confianza del 95%. Por ello, no se puede asegurar que las variables sigan una distribución normal con este nivel de confianza. Por ello para realizar la comparación de dos medias, no podemos usar la prueba t de Student, usaremos entonces la *prueba de Mann-Whitney* que no requiere normalidad para comprobar si existen diferencias significativas entre las concentraciones de potasio en los pepinos con y sin piel (**tabla 28**).

**Tabla 28.** Prueba de Mann-Whitney para las muestras de la segunda recogida

	Muestras
U de Mann-Whitney	68,000
Sig. asintót. (bilateral)	0,168

Al ser el p-valor (0,168) mayor de 0,05 se puede concluir que no existen diferencias significativas entre los pepinos con y sin piel con un 95% de probabilidad.

Como no existen diferencias significativas, aplicamos la estadística básica a las muestras con y sin piel conjuntamente. Observamos que en este caso el valor máximo es significativamente superior que en los casos anteriores, correspondiéndose con la concentración intermedia S2 (**tabla 29**). El mínimo corresponde a un blanco también de una muestra procedente de semillas. La media es muy similar al caso de la primera tanda analizada con piel procedente de semilla.

**Tabla 29.** Estadísticos descriptivos para las muestras de la segunda recogida

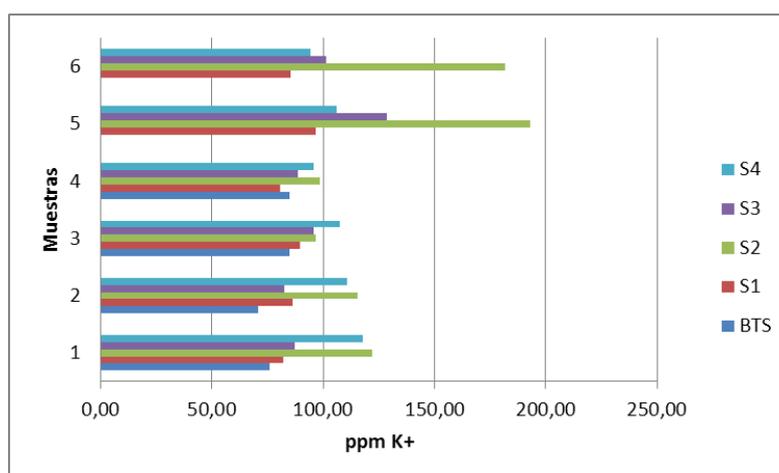
			Estadístico
Semilla	Media		102,1443
	Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior	91,3168
		Límite superior	112,9717
	Mediana		95,6600
	Varianza		779,700
	Desv. típ.		27,92311
	Mínimo		70,68
	Máximo		192,83

Entre los valores máximos encontramos todas las concentraciones ensayadas en alguno de los casos, siendo el valor intermedio S2 el que se repite en dos ocasiones y al que corresponde el valor máximo (**tabla 30**). En lo que respecta a los valores mínimos encontramos fundamentalmente los blancos y la concentración mínima (S1).

**Tabla 30.** Valores máximos y mínimos para las muestras con piel de la segunda recogida

			mg K <sup>+</sup> /100g pepino	Concentración K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
Semilla	Mayores	1	192,83	S2
		2	181,96	S1
		3	128,55	S3
		4	121,82	S2
		5	117,57	S4
	Menores	1	70,68	BTS
		2	76,00	BTS
		3	80,85	S1
		4	81,85	S1
		5	82,71	S3

La **figura 46** muestra la relación entre las concentraciones y el contenido final de potasio en las muestras analizadas procedentes de semilla. Destaca S2 como la concentración con la que se consigue una aporte final mayor.



**Figura 46.** Relación K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> añadido-K<sup>+</sup> en pepino final (semilla)

**Pepinos procedentes de cultivo de plántulas**

En el caso de las muestras procedentes del cultivo de plántulas, si siguen una distribución normal, puesto que el p-valor para el *test de Shapiro-Wilk* es mayor de 0,05 (**tabla 31**).

**Tabla 31.** Prueba de normalidad para las muestras procedentes de plántula

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Plántula	0,904	28	0,014

Puesto que las muestras siguen una distribución normal, aplicamos la prueba t de Student para comprobar si existen diferencias significativas entra las muestras analizadas con y sin piel, de cara a su análisis conjunta o separadamente.

Como se puede ver en la **tabla 32**, existen diferencias significativas ente las muestras con y sin piel con un 95% de probabilidad puesto que el nivel de significación es menor de 0,005.

**Tabla 32.** Prueba t de Student comparación muestras con y sin piel procedentes de plántula

		Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias		
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)
		Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior
Plántula	Se han asumido varianzas iguales	3,761	0,063	3,864	26	0,001
	No se han asumido varianzas iguales			3,864	20,256	0,001

**Tabla 33.** Estadísticos descriptivos para las muestras de plántula con piel de la segunda recogida

		Estadístico	
Con Piel	Media	149,2637	
	Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior	132,6251
		Límite superior	165,9024
	Mediana	144,3982	
	Varianza	830,441	
	Desv. típ.	28,81737	
	Mínimo	112,58	
	Máximo	203,74	

En la **tabla 33** podemos ver que la media es significativamente superior que en todos los casos analizados anteriormente (primera recogida y segunda recogida procedente de semilla). El máximo corresponde a la mínima concentración (P1) como hemos visto que ha sucedido otras veces en los análisis anteriores, y el mínimo a la máxima concentración (P4). De ello deducimos que no siempre un elevado aporte tiene como consecuencia una mayor absorción.

**Tabla 34.** Valores máximos y mínimos para las muestras con piel de la segunda recogida

			mg K <sup>+</sup> /100g pepino	Concentración K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
Con Piel	Mayores	1	203,74	P1
		2	202,53	P1
		3	174,66	P2
		4	162,30	P1
		5	154,65	P2
	Menores	1	112,58	P4
		2	113,05	P3
		3	124,40	P3
		4	125,04	P2
		5	138,31	BTP

Entre los valores máximos se encuentran los aportes más bajo realizados, P1 en tres casos y P2 en dos casos. Los valores mínimos se encuentran más repartidos, apareciendo desde la máxima concentración ensayada (P4) al blanco (**tabla 34**).

El contenido de potasio medio en las muestras sin piel es significativamente inferior al de las muestras con piel (**tabla 35**), siendo ambos valores máximos y mínimos más bajos que en el caso con piel. El máximo se corresponde con P2 y el mínimo con la máxima concentración ensayada (P4) al igual que ocurría en el caso anterior de los pepinos analizados con piel.

**Tabla 35.** Estadísticos descriptivos para las muestras de plántula sin piel de la segunda recogida

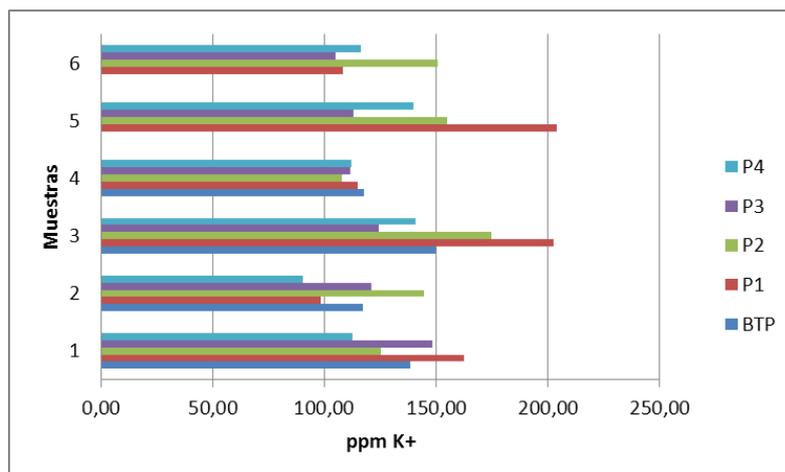
			Estadístico
Sin Piel	Media		115,2679
	Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior	106,0785
		Límite superior	124,4572
	Mediana		113,4900
	Varianza		253,304
	Desv. típ.		15,91554
	Mínimo		89,99
	Máximo		150,33

En este caso no se observa ninguna tendencia clara entre los máximos y los mínimos, puesto que podemos observar concentraciones diferentes y variadas entre ambos (**tabla 36**).

**Tabla 36.** Valores máximos y mínimos para las muestras con piel de la segunda recogida

			mg K <sup>+</sup> /100g pepino	Concentración K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
Sin Piel	Mayores	1	150,33	P2
		2	144,39	P2
		3	121,03	P3
		4	117,47	BTS
		5	117,05	BTS
	Menores	1	89,99	P4
		2	98,01	P1
		3	105,06	P3
		4	107,75	P2
		5	108,09	P1

La **figura 47** muestra gráficamente la relación entre las concentraciones y el contenido final de potasio en las muestras analizadas procedentes de plántulas. Destaca P1 como aquella que consigue un mayor aporte en la mayoría de los casos analizados.



**Figura 47.** Relación K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> añadido-K<sup>+</sup> en pepino final (plántula)

A continuación aplicamos la *prueba de Kruskal-Wallis* para muestras independientes con el objeto de comprobar si existen diferencias significativas entre las distintas concentraciones ensayadas.

Los resultados obtenidos se muestran en la **tabla 37**:

**Tabla 37.** Prueba de Kruskal-Wallis para las distintas concentraciones de K<sup>+</sup> en semillas.

	K <sup>+</sup> semillas
Chi-cuadrado	17,739
gl	4
Sig. asintót.	0,001

Al ser el p-valor (0,001) asociado al estadístico chi-cuadrado menor de 0,05 podemos afirmar que existen diferencias significativas entre las distintas concentraciones ensayadas con un 95% de probabilidad.

Al confirmar que existen diferencias significativas vamos a realizar la *prueba de Mann-Whitney* que compara los grupos muestrales de dos en dos para ver si existen diferencias significativas del blanco con cada uno de los otros grupos a los que se ha añadido potasio.

Blanco-S1: De acuerdo con la **tabla 38**, no existen diferencias significativas.

**Tabla 38.** Pruebas de contraste entre el blanco y la concentración S1

	K <sup>+</sup>
U de Mann-Whitney	4,000
Sig. asintót. (bilateral)	0,088

Blanco-S2: Según la **tabla 39** existen diferencias significativas.

**Tabla 39.** Pruebas de contraste entre el blanco y la concentración S2

	K <sup>+</sup>
U de Mann-Whitney	0,000
Sig. asintót. (bilateral)	0,011

Blanco-S3: Si observamos la **tabla 40** vemos que existen diferencias significativas.

**Tabla 40.** Pruebas de contraste entre el blanco y la concentración S3

	K <sup>+</sup>
U de Mann-Whitney	2,000
Sig. asintót. (bilateral)	0,033

Blanco-S4: En la **tabla 41** se puede observar que existen diferencias significativas.

**Tabla 41.** Pruebas de contraste entre el blanco y la concentración S4

	K <sup>+</sup>
U de Mann-Whitney	0,000
Sig. asintót. (bilateral)	0,011

Hemos comprobado que existen diferencias significativas al comparar todos los grupos, con el blanco excepto S1 (el de la concentración más baja).

A continuación comprobamos si también existen diferencias significativas entre las distintas concentraciones en el caso de las plántulas.

**Tabla 42.** Prueba de Kruskal-Wallis para las distintas concentraciones de potasio ensayadas

	K <sup>+</sup> plántulas
Chi-cuadrado	4,236
gl	4
Sig. asintót.	0,375

Al ser el p-valor (0,375) asociado al estadístico chi-cuadrado mayor de 0,05 podemos afirmar que no existen diferencias significativas entre las distintas concentraciones ensayadas con un 95% de probabilidad (**tabla 42**).

**Correlación entre las variables peso y contenido en potasio**

Para comprobar si existe asociación entre las variables: contenido en potasio y peso del pepino. Para determinar el grado de dicha asociación, aplicamos el *coeficiente de correlación de Pearson (tabla 43)*.

**Tabla 43.** Coeficiente de correlación de Pearson para las variables peso y concentración potasio en la segunda recolecta.

		K	Peso
K	Correlación de Pearson	1	-,560(*)
	Sig. (bilateral)		,037
	N	14	14
Peso	Correlación de Pearson	-,560(*)	1
	Sig. (bilateral)	,037	
	N	14	14

\* La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral).

El coeficiente de correlación de Pearson ( $r$ ) es de - 0,560, al ser negativo implica la existencia de una correlación negativa, es decir, al aumentar el peso disminuye el contenido en potasio del pepino y viceversa. Al ser  $r=-0,560(*)$ , esto indica que la correlación existente entre las variables es débil, como podemos ver por la llamada a la parte inferior de la tabla, esto es para un nivel de significación del 95%.

**TERCERA RECOGIDA**

En la **tabla 44** se encuentran recogidos los resultados obtenido del análisis de potasio de las distintas muestras ensayadas y los blancos para el primer tercer periodo de recogida.

**Tabla 44.** Contenido en potasio de la tercera recogida de pepinos

MUESTRA (semilla)	mg K+/100g pepino	MUESTRA (planta)	mg K+/100g pepino
BTS 1 c	102,69	BTP 1 c	94,87
BTS 1 s	98,24	BTP 1 s	87,35
BTS 2 c	133,49	BTP 2 c	119,07
BTS 2 s	130,32	BTP 2 s	118,63
S1 1 c	97,44	P1 1 c	95,98
S1 1 s	90,24	P1 1 s	88,65
S1 2 c	123,02	P1 2 c	118,82
S1 2 s	117,73	P1 2 s	105,54
S1 3 c	139,08	P1 3 c	246,37
S1 3 s	131,44	P1 3 s	219,00
S2 1 c	102,35	P2 1 c	100,12
S2 1 s	93,64	P2 1 s	113,14
S2 2 c	104,44	P2 2 c	162,81
S2 2 s	98,92	P2 2 s	160,13
S2 3 c	131,58	P2 3 c	143,69
S2 3 s	110,75	P2 3 s	136,11
S3 1 c	157,98	P3 1 c	95,36
S3 1 s	143,40	P3 1 s	92,44
S3 2 c	140,68	P3 2 c	105,48
S3 2 s	113,92	P3 2 s	101,03
S3 3 c	122,32	P3 3 c	94,91
S3 3 s	121,49	P3 3 s	82,38
S4 1 c	133,48	P4 1 c	95,90
S4 1 s	127,57	P4 1 s	85,96
S4 2 c	143,77	P4 2 c	104,37
S4 2 s	138,69	P4 2 s	102,93
S4 3 c	149,48	P4 3 c	131,49
S4 3 s	111,55	P4 3 s	115,58

BTS = Blanco Testigo Semilla

BTP = Blanco Testigo Plántula

S1, S2, S3 y S4 = Distintas concentraciones ensayadas en semilla

P1, P2, P3 y P4 = Distintas concentraciones ensayadas en plántula

c= pepinos analizados con piel

s= pepinos analizados sin piel

**Pepinos de cultivo procedentes de semillas**

La *prueba de Shapiro-Wilk* nos indica normalidad en los valores por lo que aplicamos el contraste de medias *t de Student* para muestras independientes, para ver si existen diferencias significativas entre los pepinos con y sin piel (**tabla 45**).

**Tabla 45.** Prueba t de Student comparación muestras con y sin piel de la tercera recogida

		Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba t para la igualdad de medias		
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)
Muestras	Se han asumido varianzas iguales	,350	,559	1,609	26	,120
	No se han asumido varianzas iguales	,350	,559	1,609	25,568	,120

Dado que el nivel de significación del estadístico de Levene (sig 0,559) es mayor de 0,05 se acepta la hipótesis nula de igualdad de las varianzas con un nivel de confianza del 95%. Por tanto, interesan los estadísticos de la prueba t correspondientes a la fila “se han asumido varianzas iguales”. Como el p-valor (0,120) asociado al estadístico t es mayor de 0,05 se acepta la hipótesis nula de igualdad de medias y consecuentemente podemos concluir que no existen diferencias significativas entre las muestras con y sin piel con un nivel de confianza del 95% para esta recogida.

Por esta razón analizamos conjuntamente las muestras con y sin piel (**tabla 46**). La media se sitúa en los 121 mg K+/100 g pepino, el máximo se corresponde con la concentración intermedia S3 y el mínimo con S1.

**Tabla 46.** Estadísticos descriptivos para las muestras de semilla de la tercera recogida

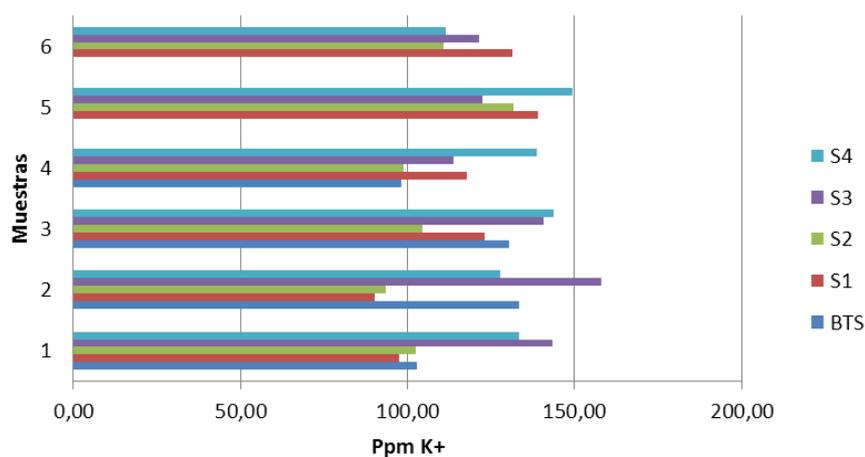
			Estadístico
Semilla	Media		121,7750
	Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior	114,5608
		Límite superior	128,9892
	Mediana		122,6700
	Varianza		346,141
	Desv. típ.		18,60486
	Mínimo		90,24
Máximo		157,98	

En este caso los valores máximos de potasio en el pepino final se corresponden con las concentraciones ensayadas más altas (S3 en tres casos y S4 en dos casos) y los mínimos con los blancos y las concentraciones más bajas ensayadas (**tabla 47**), como sería lógico pensar.

**Tabla 47.** Valores máximos y mínimos para las muestras de semilla de la tercera recogida

			mg K <sup>+</sup> /100g pepino	Concentración K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
Semilla	Mayores	1	157,98	S3
		2	149,48	S4
		3	143,77	S4
		4	143,40	S3
		5	140,68	S3
	Menores	1	90,24	S1
		2	93,64	S2
		3	97,44	S1
		4	98,24	BTS
		5	98,92	S2

Como ha demostrado el análisis estadístico, en la **figura 48** destacan S3 y S4 como las concentraciones de sulfato potásico ensayadas con las que se consigue un mayor aporte final de potasio en el pepino.



**Figura 48.** Relación K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> añadido-K<sup>+</sup> en pepino final (semilla)

### **Pepinos de cultivo procedente de plántula**

Tras comprobar que las muestras siguen una distribución normal, aplicamos la *prueba t de student* para muestras independientes con el objeto de ver si las muestras con y sin piel difieren significativamente. En la **tabla 48**, vemos que al igual que en el caso anterior han desaparecido las diferencias existentes en las dos primeras recogidas entre los pepinos con y sin piel.

**Tabla 48.** Prueba t de Student comparación muestras con y sin piel de la tercera recogida

		Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias		
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)
		Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior
Plántula	Se han asumido varianzas iguales	0,157	0,695	0,348	26	0,731
	No se han asumido varianzas iguales			0,348	25,487	0,731

Por ello, analizamos conjuntamente las muestras con y sin piel (**tabla 49**). Vemos que la media es ligeramente inferior en este caso en comparación con las muestras procedentes de semilla, lo contrario a lo que sucedía en las dos primeras recogidas, sin embargo, el valor máximo es el más alto encontrado hasta ahora pero el mínimo también es el más bajo encontrado hasta este momento, razón por la cual la media es menor que en otros casos. El máximo corresponde a P1 como en la mayoría de los casos analizados previamente, sin embargo, el mínimo corresponde a P3.

**Tabla 49.** Estadísticos descriptivos para las muestras de plántula de la tercera recogida

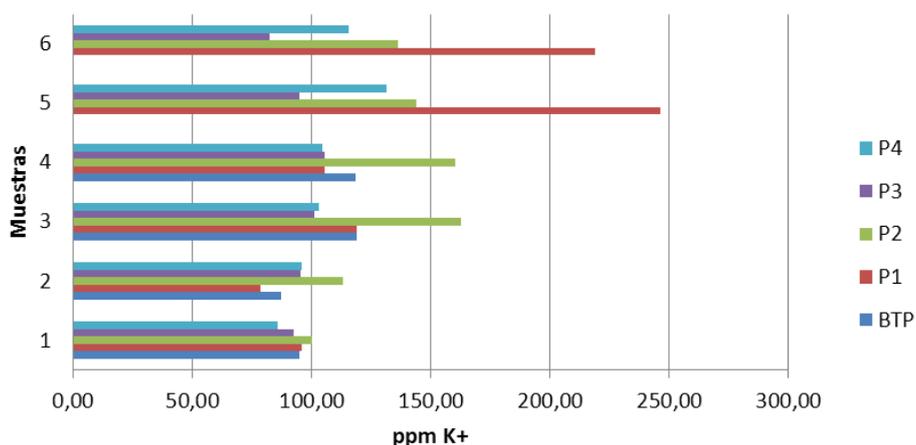
			Estadístico
Plántula	Media		118,1468
	Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior	103,0389
		Límite superior	133,2546
	Mediana		104,9250
	Varianza		1518,030
	Desv. típ.		38,96191
	Mínimo		78,65
Máximo		246,37	

Entre los valores máximos encontramos repetidamente la concentración intermedia P2 y en dos casos también encontramos la P1 (**tabla 50**). Entre los valores mínimos encontramos fundamentalmente P3 y también un blanco.

**Tabla 50.** Valores máximos y mínimos para las muestras de plántula de la tercera recogida

			mg K <sup>+</sup> /100g pepino	Concentración K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
Plántula	Mayores	1	246,37	P1
		2	219,00	P1
		3	162,81	P2
		4	160,13	P2
		5	143,69	P2
	Menores	1	78,65	P3
		2	82,38	P3
		3	85,96	P3
		4	87,35	BTS
		5	92,44	P3

En la **figura 49**, como se ha demostrado estadísticamente, se puede ver que las concentraciones P1 y P2 son con las que se obtiene un mayor aporte de potasio.



**Figura 49.** Relación K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> añadido-K<sup>+</sup> en pepino final (plántula)

A continuación realizamos la *Prueba de Kruskal-Wallis* para muestras independientes, con el objeto de ver si existen diferencias significativas entre las distintas concentraciones.

En primer lugar analizamos los resultados correspondientes a las muestras procedentes de semilla (**tabla 51**):

**Tabla 51.** Prueba de Kruskal-Wallis para las distintas concentraciones de  $K^+$  en pepinos procedentes de semilla en la tercera recolecta

	$K^+$ Semilla
Chi-cuadrado	9,188
gl	4
Sig. asintót.	,057

El p-valor se encuentra justo en el límite para aceptar o rechazar la hipótesis nula de igualdad con un 95% de probabilidad, ya que dicho valor límite es el 0,05, sin embargo al ser solo ligeramente superior 0,057 vamos a comparar los grupos muestrales de las distintas concentraciones con el blanco para comprobar si existen diferencias en alguno de ellos.

Blanco-S1: Según la **tabla 52**, no hay diferencias significativas.

**Tabla 52.** Pruebas de contraste entre el blanco y la concentración S1

	$K^+$
U de Mann-Whitney	11,000
Sig. asintót. (bilateral)	,831

Blanco-S2: Si observamos la **tabla 53** podemos ver que no existen diferencias significativas.

**Tabla 53.** Pruebas de contraste entre el blanco y la concentración S2

	$K^+$
U de Mann-Whitney	9,000
Sig. asintót. (bilateral)	,522

Blanco-S3: De acuerdo con la **tabla 54** no hay diferencias significativas.

**Tabla 54.** Pruebas de contraste entre el blanco y la concentración S3

	$K^+$
U de Mann-Whitney	6,000
Sig. asintót. (bilateral)	,201

Blanco-S4: En la **tabla 55** se puede observar que no existen diferencias significativas.

**Tabla 55.** Pruebas de contraste entre el blanco y la concentración S4

	K <sup>+</sup>
U de Mann-Whitney	5,000
Sig. asintót. (bilateral)	,136

Se ha comprobado que no existen diferencias significativas con un nivel de confianza del 95% en ninguno de los casos.

**Tabla 56.** Prueba de Kruskal-Wallis para las distintas concentraciones de potasio ensayadas en plántula.

	K <sup>+</sup> plántula
Chi-cuadrado	8,789
gl	4
Sig. asintót.	,067

No existen diferencias significativas con un nivel de confianza del 95% entre las distintas concentraciones al ser p-valor mayor de 0,05.

### **Correlación variables peso y contenido en potasio**

Por último, calculamos el *coeficiente de correlación de Pearson* (**tabla 40**) para comprobar si existe asociación entre las variables: contenido en potasio y peso del pepino.

**Tabla 40.** Coeficiente de correlación de Pearson para las variables peso y concentración potasio en la tercera recolecta.

		K	Peso
K	Correlación de Pearson	1	,010
	Sig. (bilateral)		,973
	N	14	14
Peso	Correlación de Pearson	,010	1
	Sig. (bilateral)	,973	
	N	14	14

El coeficiente de correlación es prácticamente 0 por lo que podemos afirmar que no existe relación entre las variables.

## EVOLUCIÓN EN EL TIEMPO

Queremos saber si existen diferencias significativas entre las muestras en las tres etapas de recolección del cultivo, para ver si con el paso del tiempo ha habido una mayor retención de potasio por el pepino. Haremos este estudio por separado, por una parte pepinos obtenidos de semillas y por otra obtenidos de plántulas. Las muestras de cada grupo se tratan de muestras relacionadas ya que comparamos la misma variable en 3 momentos diferentes. No podemos usar la prueba t de Student porque solo sirve para comparar la variable en dos momentos diferentes y en nuestro caso son tres, pero al tratarse de un número pequeño de muestras (menos de 50), es más correcto utilizar una estadística no paramétrica que no exige contraste de normalidad para las muestras. Por ello realizamos la *prueba de Friedman* para la comparación de más de dos muestras relacionadas y los resultados obtenidos para el caso de los pepinos procedentes de semillas se presentan en la **tabla 41**:

**Tabla 41.** Prueba de Friedman para la comparación de los tres momentos de recogida correspondientes a las muestras procedentes de semilla

Chi-cuadrado	19,750
gl	2
Sig. asintót.	,000

Al ser el valor crítico bilateral asociado al estadístico chi-cuadrado 0,000, podemos afirmar que existen diferencias significativas con el paso del tiempo en cuanto al contenido en potasio captado, con un nivel de confianza del 99% al ser dicho valor menor de 0,01.

**Tabla 42.** Estadísticos descriptivos para los tres momentos de recogida en las muestras de semilla

	N	Media	Desviación típica	Mínimo	Máximo
<b>T1</b>	24	92,9013	13,71864	65,03	121,44
<b>T2</b>	24	105,9767	28,31137	80,85	192,83
<b>T3</b>	24	122,7067	18,87784	90,24	157,98

En la **tabla 42** podemos observar que la media de valores es mayor en los dos tiempos posteriores a la primera recogida, por lo que podemos decir que el contenido en potasio se ha ido incrementando con el paso del tiempo progresivamente, produciéndose un incremento del 24 % respecto a la fase inicial (primera recogida).

## Resultados

También podemos observar como el valor mínimo se ha ido incrementando progresivamente. Los valores máximos también se han visto incrementados en las dos últimas recogidas, sin embargo, este máximo es mayor en la segunda recogida en comparación con la tercera.

En el caso de los pepinos procedentes de plántulas los resultados tras la aplicación de la *Prueba de Friedman* se muestran en la **tabla 43**:

**Tabla 43.** Prueba de Friedman para la comparación de los tres momentos de recogida en el caso de las muestras de plántula.

Chi-cuadrado	14,333
gl	2
Sig. asintót.	,001

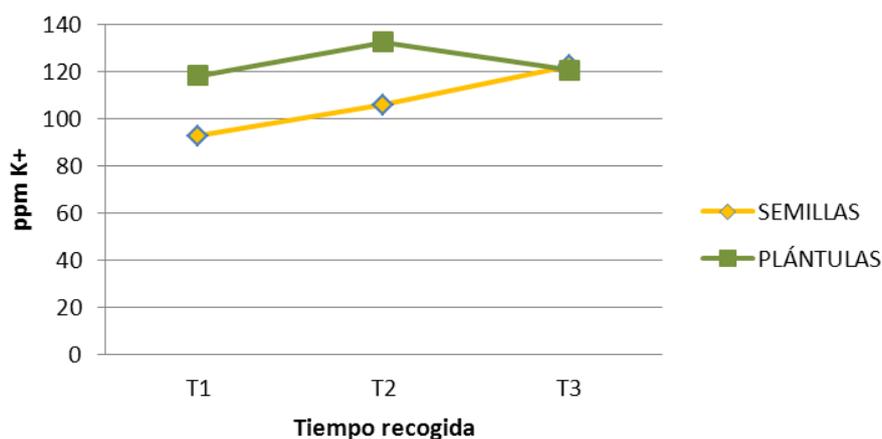
Al igual que ocurría con el invernadero de semillas, en este existen diferencias significativas con el paso del tiempo en cuanto al contenido en potasio captado con un nivel de confianza del 99% al ser el p-valor asociado al estadístico chi-cuadrado valor menor de 0,01.

**Tabla 44.** Estadísticos descriptivos para los tres momentos de recogida en las muestras de plántulas

	N	Media	Desviación típica	Mínimo	Máximo
<b>T1</b>	24	118,4458	18,70893	83,62	149,67
<b>T2</b>	24	132,5388	30,49355	89,99	203,74
<b>T3</b>	24	120,7579	40,98882	82,38	246,37

En la **tabla 44** podemos observar que la media de valores es mayor en los dos tiempos posteriores al primero pero esta media es mayor en el tiempo 2 respecto al 3, produciéndose un incremento solo del 1,9%. Sin embargo, podemos observar que el valor máximo de potasio adquirido se encuentra en esta última tanda así como también el valor mínimo de todas las tandas, también podemos observar la existencia de una desviación típica bastante elevada en esta última tanda, estas razones pueden explicar que la media no sea más elevada en la última tanda respecto a las anteriores como sucedía en el invernadero de semillas. Los valores máximos se han incrementado de la primera a la tercera recogida en un 40%.

Al comparar el contenido medio en potasio de los frutos obtenidos en las diferentes recogidas, vemos que en el caso de las plántulas es mayor comparado con las procedentes de semilla en los dos primeros momentos de recogida para terminar igualándose el contenido de ambas en la última recogida (**figura 50**).

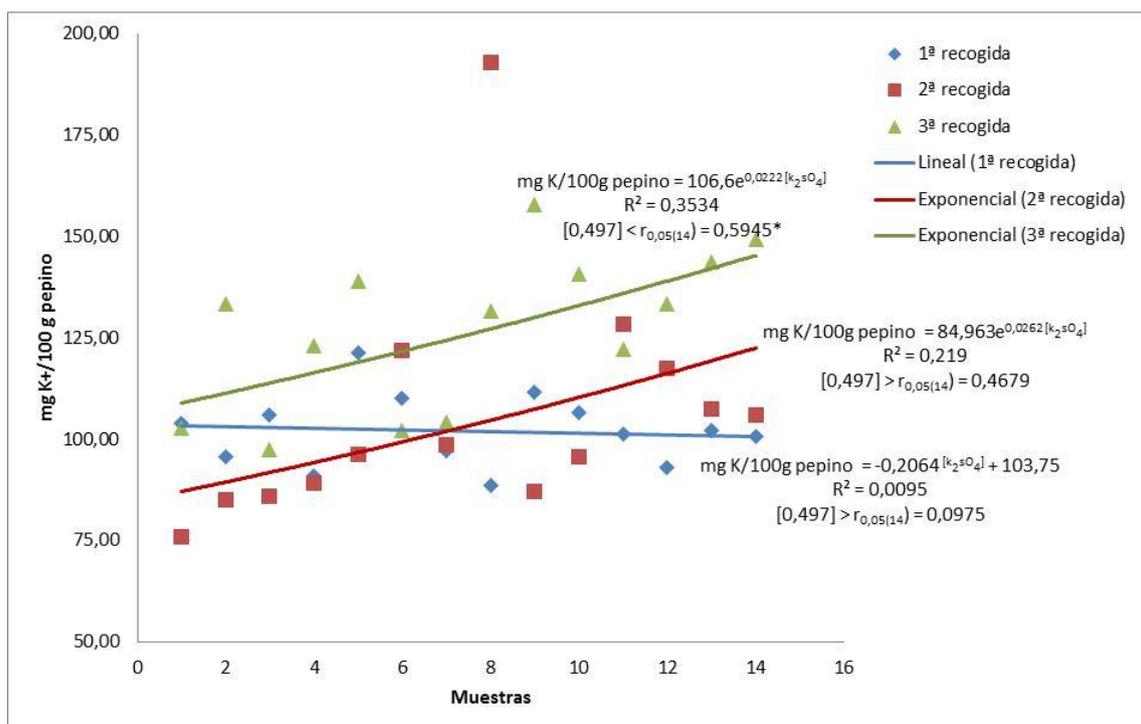


**Figura 50.** Evolución del contenido en potasio de las muestras procedentes de semillas y plántulas con el paso del tiempo.

Como hemos podido comprobar con los resultados obtenidos y tratados estadísticamente, la biofortificación ha sido efectiva consiguiéndose un aumento del contenido en potasio de los pepinos. Estos resultados coinciden con otros estudios recientes como es el caso de **Bañuelos y col., (2015)**, en cuyo estudio sobre la biofortificación de cultivos de cultivos de brócoli y zanahoria con Selenio también ha conseguido que el contenido final de este elemento en dichos alimentos aumente. También se consiguió un incremento del contenido en Zn en el momento de la germinación de las plantas de pepinos biofortificados, según **De la Rosa y col., (2013)**, en este trabajo no se estudia el contenido en el fruto, solo durante el desarrollo de la planta y la raíz. Otras formas de fortificación del pepino han sido efectivas, es el caso del trabajo realizado por **Cortés y col. (2011)**, en el que se consigue un incremento de la vitamina E del pepino utilizando ingeniería de matrices.

**ECUACIONES PREDICTIVAS DEL CONTENIDO EN POTASIO****Pepinos procedentes de cultivo de semillas**

En la **figura 51**, se representan las concentraciones de potasio presentes en cada muestra frente a la concentración suplementada en el caso de los pepinos analizados con piel, para los tres diferentes momentos de recogida.



**Figura 51.** Ecuaciones de correlación (contenido en potasio) para las muestras de pepino con piel.

En dicha **figura 51**, podemos observar que en el caso del primer tratamiento no existe correlación. En el segundo tratamiento se ve una tendencia exponencial cuando se efectúa la correlación entre el contenido en potasio de las muestras y las diferentes concentraciones de sulfato potásico ( $K_2SO_4$ ) con las que han sido suplementadas dichas muestras con un  $r = 0,4679$ , por lo que de acuerdo con las **tabla 45** y teniendo en cuenta los grados de libertad correspondientes, podemos decir que no existe un buen grado de correlación. Sin embargo, cuando analizamos el tercer tratamiento observamos un desplazamiento de la curva que representa un comportamiento exponencial respecto a la curva correspondiente a la segunda recogida, esta nueva curva es paralela a la anterior de forma que se puede observar un incremento significativo respecto a la misma pero a parte también encontramos que tiene un

coeficiente de correlación,  $r = 0,5941^*$  que según las tablas comentadas anteriormente y teniendo en cuenta los grados de libertad, podemos utilizar dicha ecuación para predecir el contenido final de potasio que tenga el pepino de acuerdo con la concentración con la que se ha suplementado.

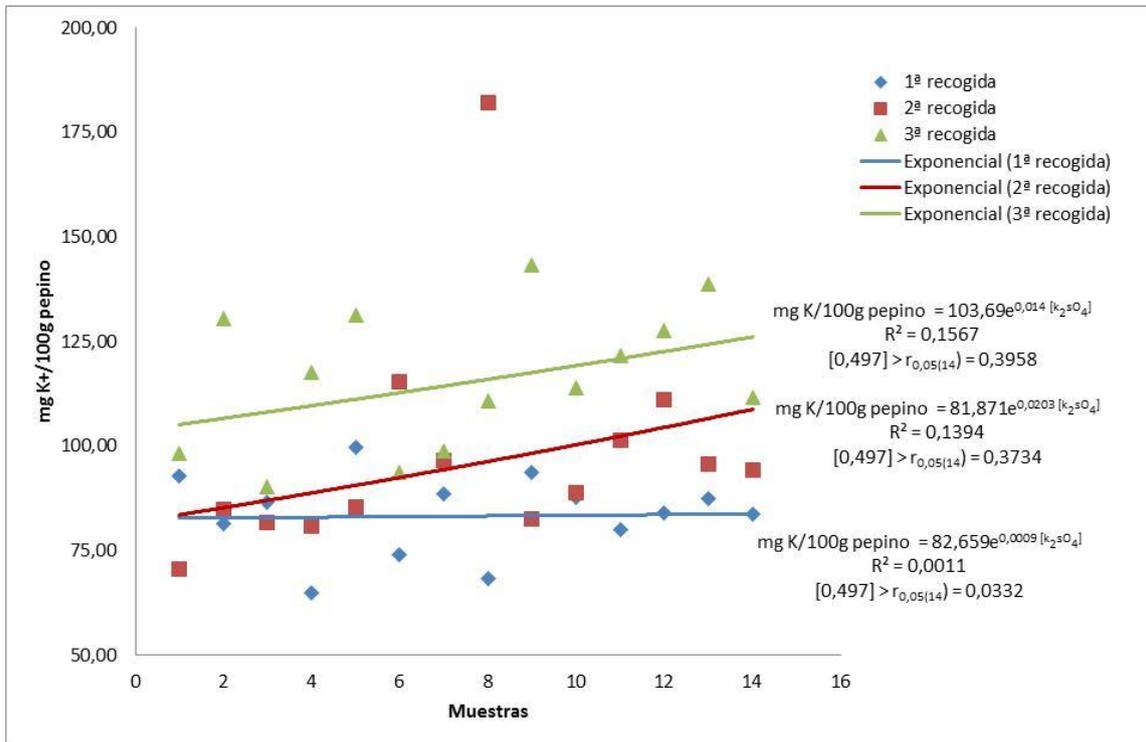
De esta **figura 51**, podemos extraer también la conclusión de la existencia de un aumento significativo en el contenido en potasio de las muestras analizadas con piel al prolongarse el tratamiento en el tiempo.

**Tabla 45.** Coeficientes de correlación al nivel del 5% y 1% de significación. *Reyes (1980)*.

Grados de libertad ( $n - 2$ )	$\alpha$	
	5%	1%
1	0.997	1.000
2	0.950	0.990
3	0.878	0.959
4	0.811	0.917
5	0.754	0.874
6	0.707	0.834
7	0.666	0.798
8	0.632	0.765
9	0.602	0.735
10	0.576	0.708
11	0.553	0.684
12	0.532	0.661
13	0.514	0.641
14	0.497	0.623
15	0.482	0.606
16	0.468	0.590
17	0.456	0.575
18	0.444	0.561
19	0.433	0.549
20	0.423	0.537
21	0.413	0.526
22	0.404	0.515
23	0.396	0.505

Si analizamos la evolución del contenido en potasio de las muestras de pepino sin piel (**figura 52**), podemos observar como en el caso anterior que su comportamiento se encuentra diferenciado pero en este caso no existe ninguna ecuación fiable que pueda predecir el comportamiento de los contenidos en potasio en las distintas recogidas al analizarlos sin piel. En la **figura 52**, se muestran las ecuaciones que mejor explican el comportamiento dentro de que como ya hemos dicho antes ninguna es fiable.

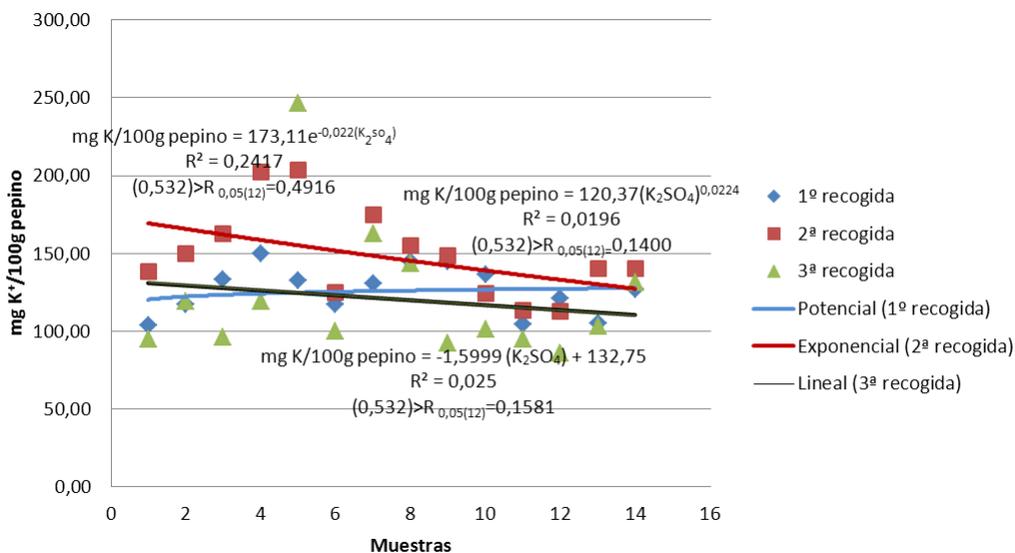
## Resultados



**Figura 52.** Ecuaciones de correlación (contenido en potasio) para las muestras de pepino sin piel.

### Pepinos procedentes del cultivo de plántulas

Como se puede ver en las **figuras 53 y 54**, no existe ninguna ecuación predictiva fiable para explicar el comportamiento del contenido en potasio en pepino procedente de plántula tanto si es analizado con piel como sin ella.



**Figura 53.** Ecuaciones de correlación (contenido en potasio) para las muestras de pepino con piel.

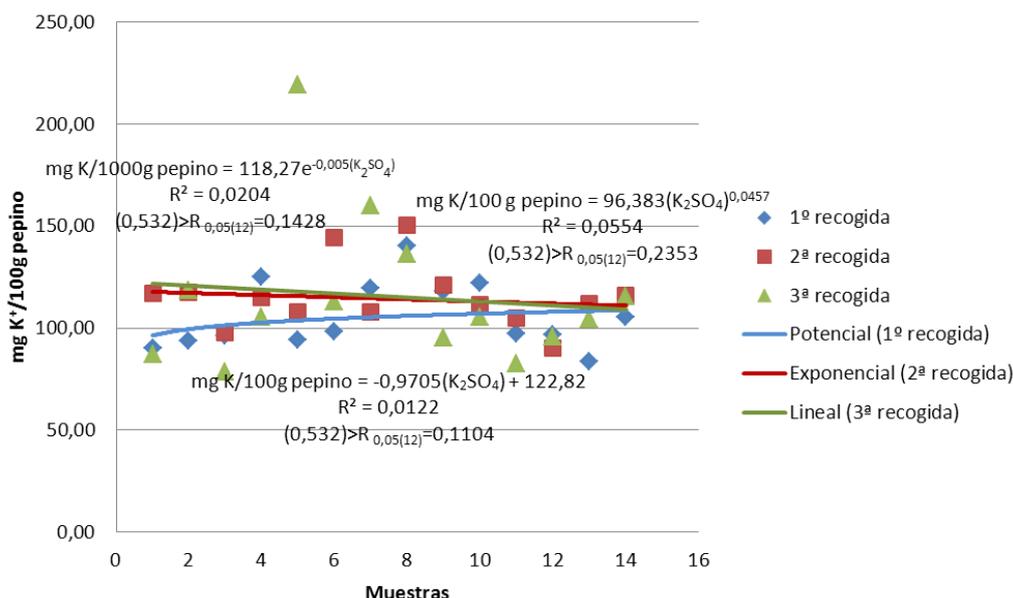


Figura 54. Ecuaciones de correlación (contenido en potasio) para las muestras de pepino sin piel.

### CORRELACIÓN ENTRE LAS VARIABLES PESO Y LONGITUD/DIÁMETRO

Teniendo en cuenta el hábito de crecimiento de estos pepinos, existe una muy buena correlación ( $\alpha = 0,01$ ) entre el peso y las dimensiones del fruto, cuando se observa tanto longitudinal como ecuatorialmente. Las figuras 55 y 56 muestran esta correlación del peso con la longitud y diámetro respectivamente.

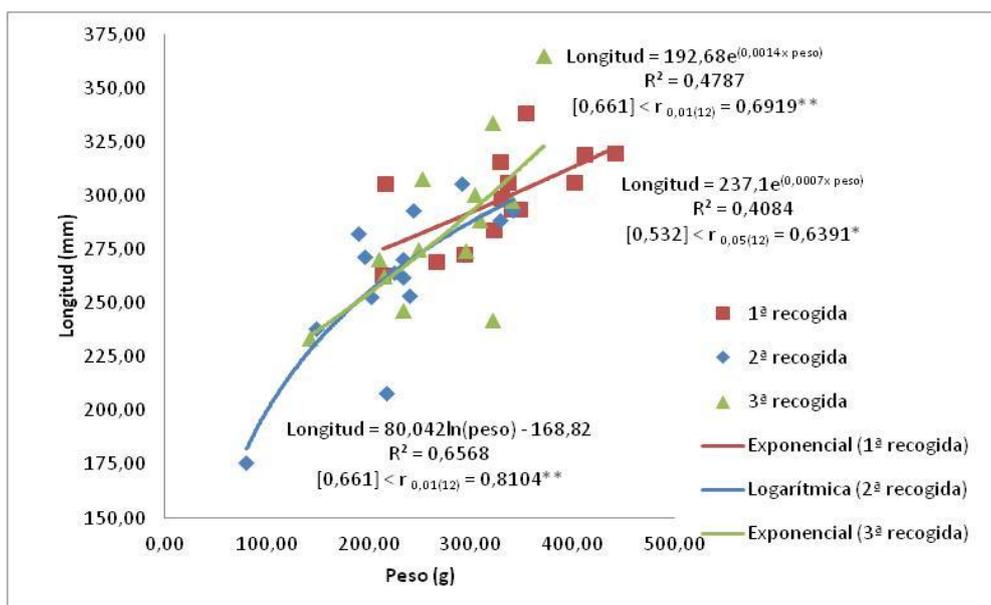


Figura 55. Ecuaciones de correlación longitud-peso.

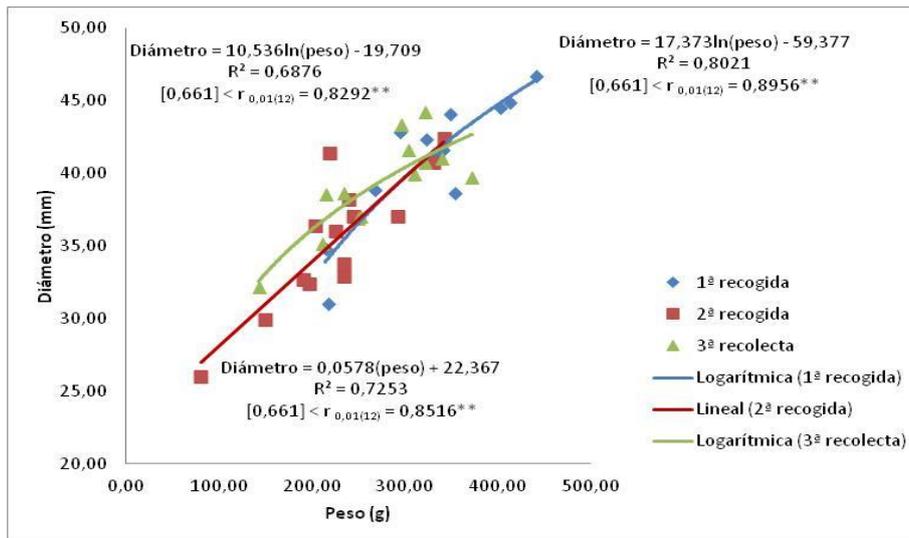


Figura 56. Ecuaciones de correlación diámetro-peso.

En la **figura 55**, la primera y tercera recogida se adaptan a un comportamiento exponencial y la segunda logarítmica, todas ellas con un coeficiente de correlación ( $r$ ) elevado por lo que son fiables como predictivas de una variable a partir de la otra con un 1% de error ( $\alpha = 0,01$ ).

Cuando relacionamos el diámetro con el peso (**figura 56**) observamos que la primera y tercera siguen un comportamiento logarítmico mientras que la segunda sigue uno lineal. Al igual que en el caso anterior, tienen un coeficiente de correlación lo suficientemente elevado para considerarlas fiables en la predicción de una variable a partir de la otra con el mismo nivel de significación.

#### 4.4 Contenido en sodio

##### PRIMERA RECOGIDA

En primer lugar realizamos la prueba t de Student para muestras independientes con el objeto de ver si existen diferencias significativas entre los pepinos cultivados en el invernadero a partir de semillas y a partir de plántula, de cara a su posterior análisis conjunta o separadamente. Los resultados obtenidos se pueden ver en la **tabla 46**:

**Tabla 46.** Prueba t de student para el contenido en sodio

		Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error tip. de la diferencia	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
									Inferior	Superior
Muestras	Se han asumido varianzas iguales	5,887	,019	-4,353	54	,000	-5,570	1,280	-8,135	-3,004
	No se han asumido varianzas iguales			-4,353	45,606	,000	-5,570	1,280	-8,146	-2,993

Dado que el nivel de significación del estadístico de Levene (sig 0,019) es menor de 0,05 se acepta la hipótesis nula de igualdad de las varianzas con un nivel del confianza del 95%. Por tanto, interesan los estadísticos de la prueba t correspondientes a la fila “no se han asumido varianzas iguales”. Como el p-valor (0,000) asociado al estadístico t es menor de 0,05 no se puede aceptar la hipótesis nula de igualdad de medias y consecuentemente podemos concluir que existen diferencias significativas entre las muestras procedentes de ambos invernaderos con un nivel del confianza del 95%.

Como se puede observar en la **tabla 47**, esta diferencia consiste en un mayor contenido en sodio en las muestras obtenidas a partir de plántulas, algo lógico ya que el contenido en potasio era también más alto en este invernadero y ambos parámetros como hemos podido comprobar en bibliografía y se demostrará posteriormente estadísticamente se encuentran relacionados.

**Tabla 47.** Contenido en Na<sup>+</sup> medio de las muestras de ambos invernaderos

		N	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media
Muestras	semilla	28	38,33	3,618	0,684
	plántula	28	43,90	5,723	1,082

A continuación determinamos el coeficiente de correlación de Pearson (**tabla 48**) para comprobar que efectivamente existe relación entre las variables sodio y potasio y de qué tipo es dicha relación.

**Tabla 48.** Coeficiente de correlación de Pearson para las variables sodio y potasio

		Sodio	Potasio
Sodio	Correlación de Pearson	1	-,322(*)
	Sig. (bilateral)		,040
	N	56	41
Potasio	Correlación de Pearson	-,322(*)	1
	Sig. (bilateral)	,040	
	N	41	56

\* La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral).

Como podemos observar en la **tabla 48** existe correlación ya que el coeficiente de Pearson es distinto de cero y además esta correlación es significativa con un nivel de probabilidad del 95%, lo cual quiere decir que la probabilidad de cometer error es baja. Además podemos ver que el resultado de este coeficiente es negativo y bastante alejado de cero por lo que podemos concluir que existe una fuerte relación lineal inversa entre ambas variables y afirmar que el contenido en sodio disminuye al aumentar el de potasio.

En la **tabla 49** se muestra la estadística descriptiva comparativa entre los valores de sodio en pepino con y sin piel para las muestras de semilla. La media es superior en el caso de las muestras analizadas con piel, coincidiendo con la mayor concentración de potasio también observada anteriormente en esta tanda, más tarde comprobaremos si efectivamente esta diferencia es significativa. En contenido mínimo y máximo de sodio es bastante similar en ambos casos.

**Tabla 49.** Estadísticos descriptivos muestras semilla con y sin piel

	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.
Semilla con piel	34,54	43,08	38,9014	2,39332
Semilla sin piel	32,86	44,59	37,7493	4,55395

En la **tabla 50** podemos ver los valores máximos y mínimos de concentración de sodio y la correspondencia con la concentración de potasio suplementada. Los valores máximos y mínimos se encuentran uniformemente repartidos entre todas las concentraciones ensayadas, cabe destacar que entre estos valores no hay ningún blanco y que entre los valores mínimos se repite la concentración máxima de potasio añadido (S4) tanto en el caso con piel como sin ella.

**Tabla 50.** Valores máximos y mínimos de las muestras de semilla con y sin piel

		mg Na <sup>+</sup> /100 g pepino	Concentración K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
Semilla Con piel	Mayores	1	S1
		2	S4
		3	S3
		4	S2
	Menores	1	S2
		2	<b>S4</b>
		3	S1
		4	<b>S4</b>
Semilla Sin piel	Mayores	1	S2
		2	S3
		3	S2
		4	S4
	Menores	1	<b>S4</b>
		2	S1
		3	<b>S4</b>
		4	S2

Aplicamos la prueba t de student para muestras no relacionadas para ver si la diferencia entre los pepinos con y sin piel es significativa (**tablas 51 y 52**).

**Tabla 51.** Contraste de medias para las muestras de semilla.

		Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error ttp. de la diferencia	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
									Inferior	Superior
Na_semilla	Se han asumido varianzas iguales	9,350	,005	,838	26	,410	1,15214	1,37494	-1,67409	3,97837
	No se han asumido varianzas iguales			,838	19,672	,412	1,15214	1,37494	-1,71900	4,02329

Al ser el valor crítico bilateral asociado al estadístico t de student mayor de 0,05 se puede concluir que no existen diferencias significativas en el caso de las semillas (**tabla 51**).

**Tabla 52.** Contraste de medias para las muestras de plántula.

		Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error ttp. de la diferencia	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
									Inferior	Superior
Na_plántula	Se han asumido varianzas iguales	,000	,984	5,521	26	,000	8,25714	1,49561	5,18286	11,33142
	No se han asumido varianzas iguales			5,521	25,631	,000	8,25714	1,49561	5,18071	11,33358

En este caso si podemos afirmar que existen diferencias significativas entre los pepinos con y sin piel, ya que el valor crítico bilateral asociado al estadístico es menor de 0,001 podemos hacer esta afirmación con un 99% de seguridad (**tabla 52**).

A continuación realizamos las mismas pruebas para las muestras procedentes de plántulas, cuyos resultados se muestran en las **tablas 53 y 54**.

**Tabla 53.** Estadísticos descriptivos muestras plántula con y sin piel

	Mínimo	Máximo	Media	Desv. ttp.
Plántula con piel	42,69	60,09	48,0236	4,18759
Plántula sin piel	35,74	49,88	39,7664	3,71216

En este caso observamos una diferencia bastante notable al comparar las medias de ambas muestras, lo mismo pasa en la comparación de los valores máximos y mínimos, esta diferencia consiste en unos valores superiores en el caso de los pepinos con piel (**tabla 53**).

Según esto sería recomendable consumir pepinos obtenidos a partir de plántulas procedentes de semillero ya que tienen mayor contenido en potasio y sin piel ya que de esta forma el contenido en sodio es menor.

**Tabla 54.** Valores máximos y mínimos de las muestras de plántula con y sin piel

			mg Na <sup>+</sup> /100 g pepino	Concentración K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
Plántula Con piel	Mayores	1	60,09	P1
		2	52,11	P2
		3	49,64	BTP
		4	48,97	P3
	Menores	1	42,69	P3
		2	44,03	P2
		3	45,25	P1
		4	45,84	<b>P4</b>
Plántula Sin piel	Mayores	1	49,88	BTP
		2	43,30	P1
		3	42,65	P1
		4	42,04	P3
	Menores	1	35,74	<b>P4</b>
		2	36,92	P2
		3	37,13	<b>P4</b>
		4	37,13	<b>P4</b>

En este caso encontramos blancos entre los valores máximos, así como varias muestras correspondientes a P1 (la concentración más baja ensayada) especialmente en el caso de los pepinos sin piel. En cuanto a los mínimos encontramos varios casos correspondientes a la mayor cantidad de potasio añadida (P4), especialmente notable es esto en los ensayos sin piel (**tabla 54**).

Ahora vamos a estudiar si existen diferencias significativas entre las distintas concentraciones ensayadas entre si y en comparación con el blanco. A la hora de realizar la comparación de medias entre los 5 grupos, es más correcto considerar no normalidad utilizando para ello la *prueba de Kruskal-Wallis*. Los resultados para las muestras de semilla y plántula se encuentran en la **tabla 55**.

**Tabla 55.** Prueba de Kruskal-Wallis para las muestras procedentes de semilla y plántula.

	Na semilla	Na plántula
Chi-cuadrado	3,376	3,071
gl	4	4
Sig. asintót.	0,497	0,546

En ambos casos al ser el p-valor asociado al estadístico chi-cuadrado mayor de 0,05 podemos afirmar que no existen diferencias significativas entre las distintas concentraciones ensayadas con un 95% de probabilidad.

## **SEGUNDA RECOGIDA**

Al aplicar la estadística básica en el caso de las muestras procedentes de semilla encontramos un valor marcadamente diferente del resto (valor perdido) por lo que lo excluimos de los cálculos para no cometer error. En la **tabla 56** que compara las muestras de ambos invernaderos vemos que en este caso la diferencia en el contenido medio es menos marcada en comparación con la primera recogida, además observamos otra diferencia, tanto la media como los valores máximos y mínimos son más altos en el caso de las muestras procedentes de semillas, justo al contrario que en el análisis anterior.

**Tabla 56.** Contenido en  $\text{Na}^+$  medio, máximo y mínimo para las muestras de ambos invernaderos

	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.
Semilla	37,75	67,03	47,5775	7,85382
Plántula	35,49	64,24	46,7021	7,34097

Pasamos a comprobar si esa diferencia entre ambos cultivos es significativa de cara a su análisis posterior conjunta o separadamente (**tabla 57**).

**Tabla 57.** Prueba t de student para contenido en sodio de las muestras procedentes de ambos cultivos.

		Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
									Inferior	Superior
Muestras	Se han asumido varianzas iguales	,049	,826	,431	54	,668	,87536	2,03165	-3,19785	4,94856
	No se han asumido varianzas iguales			,431	53,756	,668	,87536	2,03165	-3,19827	4,94899

En este caso como ya preveíamos en el análisis anterior no existen diferencias significativas entre las muestras de ambos cultivos al ser el p-valor asociado al estadístico t mayor de 0,05 por lo que realizaremos las siguientes pruebas de forma conjunta.

Al estudiar la correlación entre las variables contenido en sodio y potasio encontramos al igual que antes que existe una correlación entre las dos variables con un 99% de probabilidad (**tabla 58**), sin embargo, dicha correlación es directa (al tener signo positivo) justo al contrario que en la primera recogida.

**Tabla 58.** Coeficiente de correlación de Pearson para las variables sodio y potasio

		Sodio	Potasio
Sodio	Correlación de Pearson	1	0,423(**)
	Sig. (bilateral)		0,001
	N	56	56
Potasio	Correlación de Pearson	0,423(**)	1
	Sig. (bilateral)	0,001	
	N	56	56

\*\* La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

A continuación comprobamos si existen diferencias significativas en las muestras analizadas con y sin piel (**tabla 59**).

**Tabla 59.** Contraste de medias para las muestras con y sin piel.

		Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
									Inferior	Superior
Muestras	Se han asumido varianzas iguales	2,285	,136	4,672	54	,000	8,02505	1,71753	4,58160	11,46849
	No se han asumido varianzas iguales			4,672	51,014	,000	8,02505	1,71753	4,57698	11,47311

Resultados

Al ser el p-valor menor de 0,01 podemos afirmar que existen diferencias significativas entre las muestras analizadas con y sin piel consistiendo esta diferencia en un mayor contenido en los pepinos con piel, al igual que en la primera recogida (**tabla 60**).

**Tabla 60.** Estadísticos descriptivos muestras con y sin piel

		Media	Desviación típ.	Error típ. de la media
Muestras	Con piel	51,1531	7,16175	1,35344
	Sin piel	43,1281	5,59526	1,05741

A continuación se muestran los valores máximos y mínimos (**tabla 61**).

**Tabla 61.** Valores máximos y mínimos de las muestras con y sin piel

			Valor	Concentración
Con piel	Mayores	1	67,03	S2
		2	64,52	BTS
		3	64,24	P3
		4	57,36	P3
	Menores	1	38,62	P2
		2	39,33	<b>S4</b>
		3	39,97	<b>S4</b>
		4	43,31	S2
Sin piel	Mayores	1	65,17	S2
		2	48,77	BTP
		3	48,16	S2
		4	48,16	S3
	Menores	1	35,49	P1
		2	36,17	P2
		3	37,75	<b>S4</b>
		4	38,46	S3

Encontramos blancos entre las máximas concentraciones tanto en el caso con y sin piel. Entre los mínimos la que más se repite es la concentración S4, sin embargo, encontramos todas las concentraciones uniformemente repartidas entre los mayores y menores por lo que sospechamos que no existirán diferencias significativas de las distintas concentraciones en comparación con el blanco, aun así lo confirmamos a continuación con la prueba de Kruskal-Wallis, cuyos resultados se muestran en la **tabla 62**.

**Tabla 62.** Prueba de Kruskal-Wallis para las muestras procedentes de semilla y plántula.

	Semilla	Plántula
Chi-cuadrado	7,172	5,588
gl	4	4
Sig. asintót.	0,127	0,232

Como preveíamos anteriormente con esta prueba hemos comprobado que efectivamente no existen diferencias significativas entre las distintas concentraciones con un 95% de probabilidad al ser el p-valor mayor de 0,05.

### **TERCERA RECOGIDA**

Al igual que en los casos anteriores realizamos la *prueba t de Student* para comprobar si existen diferencias significativas entre las muestras obtenidas a partir de semillas y plántulas, los resultados se muestran en la **tabla 63**. Previamente hemos realizado una búsqueda de valores perdidos y hemos encontrado cuatro, correspondientes a dos muestras, una de ellas coincide con el otro outlier encontrado también en la estadística del potasio y correspondiente a S1(3) debido a que este pepino no tenía el tamaño normal, por lo que hacemos una extrapolación media del resto de resultados obtenido para hacer el cálculo de forma teórica y no perder número de muestras.

Como se puede ver, no existen diferencias significativas entre ambos grupos muestrales por lo que al igual que en la segunda recogida los analizaremos conjuntamente.

**Tabla 63.** Contraste de medias para las muestras de semilla.

		Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error tip. de la diferencia	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
									Inferior	Superior
Muestras	Se han asumido varianzas iguales	,000	,998	-,356	54	,723	-,60179	1,68951	-3,98905	2,78548
	No se han asumido varianzas iguales			-,356	53,675	,723	-,60179	1,68951	-3,98952	2,78595

Determinamos el coeficiente de correlación de Pearson entre las variables sodio y potasio (**tabla 64**).

**Tabla 64.** Coeficiente de correlación de Pearson para las variables sodio y potasio

		Sodio	Potasio
Sodio	Correlación de Pearson	1	,391(**)
	Sig. (bilateral)		,003
	N	56	56
Potasio	Correlación de Pearson	,391(**)	1
	Sig. (bilateral)	,003	
	N	56	56

\*\* La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

Al igual que en las segunda recogida encontramos una correlación lineal positiva, de forma que concluimos que al aumentar una de las variables aumenta la otra también, podemos hacer esta afirmación con un 99% de probabilidad.

Pasamos a comprobar la existencia de diferencias significativas entre las muestras con y sin piel (**tabla 65**).

**Tabla 65.** Contraste de medias para las muestras con y sin piel.

		Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
									Inferior	Superior
Con_sin_piel	Se han asumido varianzas iguales	1,062	,307	2,440	54	,018	5,31613	2,17909	,94732	9,68494
	No se han asumido varianzas iguales			2,440	52,999	,018	5,31613	2,17909	,94543	9,68683

Al ser el p-valor menor de 0,05 podemos afirmar que existen diferencias significativas con un 95% de probabilidad que consisten en una mayor concentración en el caso de los pepinos con piel como podemos ver en la **tabla 66**.

**Tabla 66.** Estadísticos descriptivos muestras con y sin piel

	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.
Con piel	39,44	68,34	51,4451	7,30517
Sin piel	37,61	55,48	46,1290	4,98317

A continuación se muestran los valores máximos y mínimos (**tabla 67**).

**Tabla 67.** Valores máximos y mínimos de las muestras con y sin piel

			Valor	Concentración
Con piel	Mayores	1	68,34	P1
		2	65,53	S2
		3	59,35	S4
		4	59,21	S2
	Menores	1	39,44	S3
		2	40,10	BTS
		3	40,86	<b>S4</b>
		4	41,65	<b>P4</b>
Sin piel	Mayores	1	55,48	P1
		2	54,28	S1
		3	53,52	S4
		4	53,51	P3
	Menores	1	37,61	P3
		2	39,44	<b>S4</b>
		3	40,35	P2
		4	40,76	<b>P4</b>
		5	40,76	<b>P4</b>

Lo más destacable al igual que en los casos anteriores es que se encuentran varias concentraciones de S4 entre los valores mínimos, el resto de concentraciones se sigue distribuyendo de manera uniforme, por lo que pensamos que en esta última tanda, siguiendo la tendencia anterior tampoco existirán diferencias entre las distintas concentraciones ensayadas. Para comprobarlo utilizamos la prueba de Kruskal-Wallis (**tabla 68**) que nos indica que efectivamente no existen diferencias significativas entre las concentraciones ensayadas.

**Tabla 68.** Prueba de Kruskal-Wallis para las muestras procedentes de semilla y plántula

	Na_semilla	Na_plántula
Chi-cuadrado	8,585	4,001
gl	4	4
Sig. asintót.	0,072	0,406

**EVOLUCIÓN EN EL TIEMPO**

Queremos saber si existen diferencias significativas del contenido en sodio entre las muestras en las tres etapas de recolección del cultivo, con el objeto de ver si con el paso del tiempo ha habido una mayor o menor retención de sodio por el pepino, utilizando la *prueba de Friedman* (**tabla 69**).

**Tabla 69.** Prueba de Friedman para la comparación de los tres momentos de recogida

Chi-cuadrado	37,000
gl	2
Sig. asintót.	0,000

Al ser el valor crítico bilateral asociado al estadístico chi-cuadrado menor de 0,01, podemos afirmar que existen diferencias significativas con el paso del tiempo en el sodio absorbido, con un nivel de confianza del 99%.

**Tabla 70.** Estadísticos descriptivos para los tres momentos de recogida

	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.
T1	32,86	60,09	41,1102	5,51365
T2	35,49	67,03	47,1406	7,54593
T3	37,61	68,34	48,4659	6,27119

En la **tabla 70** podemos observar que la media de valores es mayor después de la primera recogida, por lo que podemos decir que el contenido en sodio al igual que el de potasio se ha ido incrementando en un 15% con el paso del tiempo. También podemos observar como los valores máximos y mínimos se han ido incrementando.

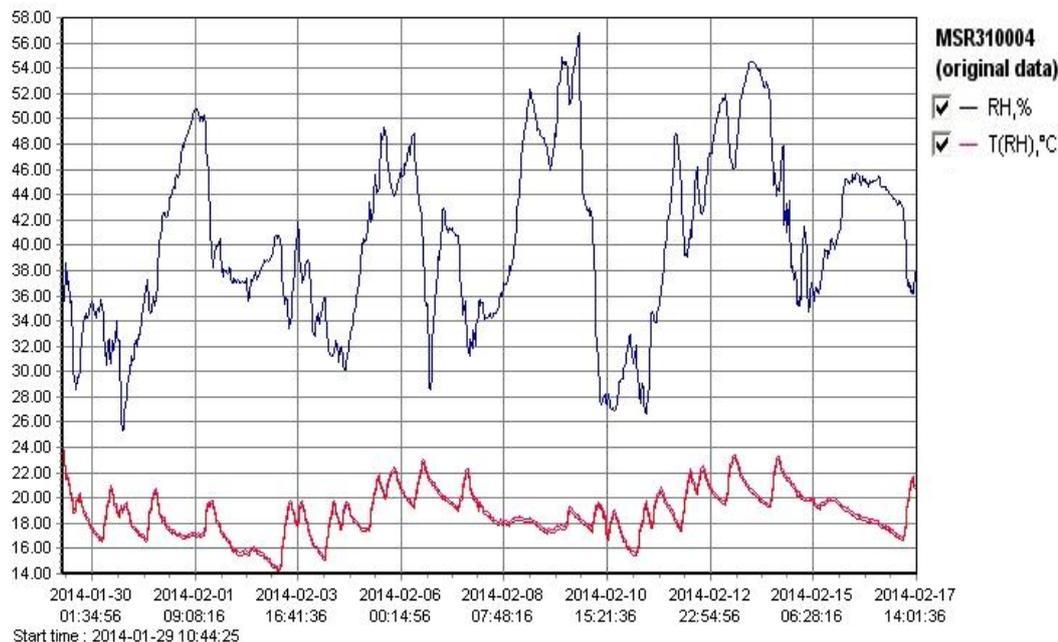
Tras la aplicación del tratamiento estadístico, se ha comprobado que en el fruto no se ha producido la reducción de sodio que se esperaba por el aumento de potasio, como pensábamos que se produciría por la competencia en la absorción que se da entre estos dos cationes y que ha sido comprobado por algunos autores como es el caso de **Makoto y col., (2014)**; en cuyo estudio se vio como las catequinas del té verde impiden la absorción del colesterol. Sin embargo, el aumento del contenido en potasio puede ser beneficioso a nivel metabólico para paliar los efectos negativos que produce una alta ingesta de sodio, como se ha demostrado en numerosos estudios tanto antiguos (**Meneely y Ball, 1958**) como actuales (**Rodrigues y col., 2014**). En este último trabajo, en el que se ensayó con una población bastante elevada (1285 sujetos

sanos comprendidos entre 25-64 años); se comprobó que en aquellos que habían incrementado la ingesta de potasio con la dieta, un alto consumo de sodio, no se asociaba con mayor presión arterial; por ello concluyen que el elevado consumo de vegetales frescos, frutas y cereales enteros ricos en potasio, pueden contribuir a reducir el efecto perjudicial que producen las dietas altas en sodio.

#### 4. 5. Registros temperatura y humedad en los daños por frío

En este apartado se detallan los registros de temperatura y humedad obtenidos con la estación de medida MSR145 ubicados en los dos lugares de conservación de las muestras. El registro de estos parámetros, se llevó a cabo cada hora para poder detectar oscilaciones a lo largo del día, durante el periodo de estudio que abarca desde el 29 de Enero al 17 de Febrero.

##### Ambiente



**Figura 57.** Valores de humedad (RH) y temperatura (T) de conservación en ambiente

La temperatura media se sitúa en 18,7 °C. Sin embargo, encontramos algunos puntos donde se produce una subida hasta los 22 y 23 °C los días 6, 7, 12, 13 y 14 de febrero (**figura 57**). También encontramos un marcado descenso el día 3 de febrero en

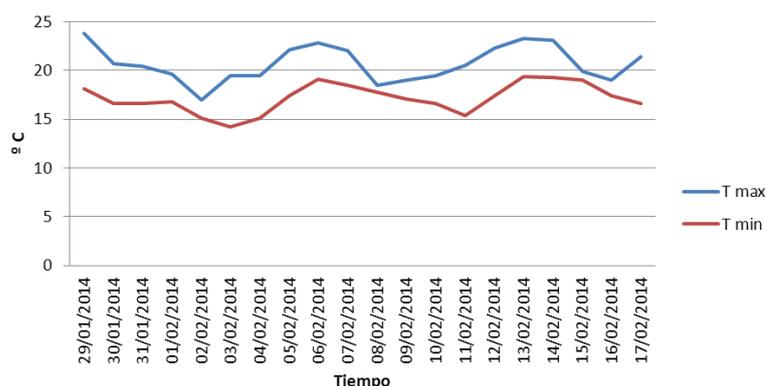
## Resultados

el que se alcanza una temperatura de 14,2 °C. La temperatura mínima alcanzada durante este periodo de tiempo son 14,2 °C el día 3 de Febrero a las 6:14 horas y la máxima 23,8°C el 29 de Enero a las 10:44 horas (**tabla 71**). Las horas del día en las que se alcanzan los valores máximos son muy dispares, no pudiéndose señalar una franja horaria concreta en la que podamos ver un ascenso característico. Las máximas de cada día que difieren bastante de un día para otro, se registran tanto por la mañana como por la tarde e incluso algunos días se producen a medianoche. La no existencia de un despunte de temperatura máxima entre las 14 y las 16 horas que sería lo habitual, es debido a que el departamento donde se realizó el estudio se encuentra en una zona de umbría en la que en ningún momento del día le da directamente el sol. Por el contrario, en lo que se refiere a las temperaturas mínimas, si podemos decir que estas por regla general se alcanzan a medianoche y de madrugada.

**Tabla 71.** Registros de temperatura ambiental máxima y mínima.

Hora T max	T max	Hora T min	T min
2014-01-29 10:44:25.719	<b>23,8</b>	2014-01-29 23:44:25.719	18,1
2014-01-30 12:14:25.719	20,7	2014-01-30 05:44:25.719	16,6
2014-01-31 11:44:25.719	20,4	2014-01-31 06:14:25.719	16,6
2014-02-01 18:44:25.719	19,6	2014-02-01 02:14:25.719	16,8
2014-02-02 00:14:25.719	17	2014-02-02 23:44:25.719	15,1
2014-02-03 12:44:25.719	19,5	2014-02-03 06:14:25.719	<b>14,2</b>
2014-02-04 12:14:25.719	19,5	2014-02-04 06:44:25.719	15,1
2014-02-05 20:14:25.719	22,1	2014-02-05 03:14:25.719	17,4
2014-02-06 12:14:25.719	22,8	2014-02-06 06:44:25.719	19,1
2014-02-07 11:44:25.719	22	2014-02-07 23:44:25.719	18,5
2014-02-08 00:14:25.719	18,5	2014-02-08 09:44:25.719	17,8
2014-02-09 19:14:25.719	19	2014-02-09 06:44:25.719	17,1
2014-02-10 10:14:25.719	19,5	2014-02-10 23:44:25.719	16,6
2014-02-11 20:44:25.719	20,5	2014-02-11 06:14:25.719	15,4
2014-02-12 19:14:25.719	22,3	2014-02-12 06:44:25.719	17,4
2014-02-13 12:14:25.719	23,3	2014-02-13 06:44:25.719	19,4
2014-02-14 11:14:25.719	23,1	2014-02-14 05:44:25.719	19,3
2014-02-15 00:14:25.719	19,9	2014-02-15 23:14:25.719	19
2014-02-16 00:14:25.719	19	2014-02-16 23:14:25.719	17,4
2014-02-17 12:14:25.719	21,4	2014-02-17 06:44:25.719	16,6

La **figura 58**, muestra un desglose de las temperaturas máximas y mínimas alcanzadas durante este periodo.



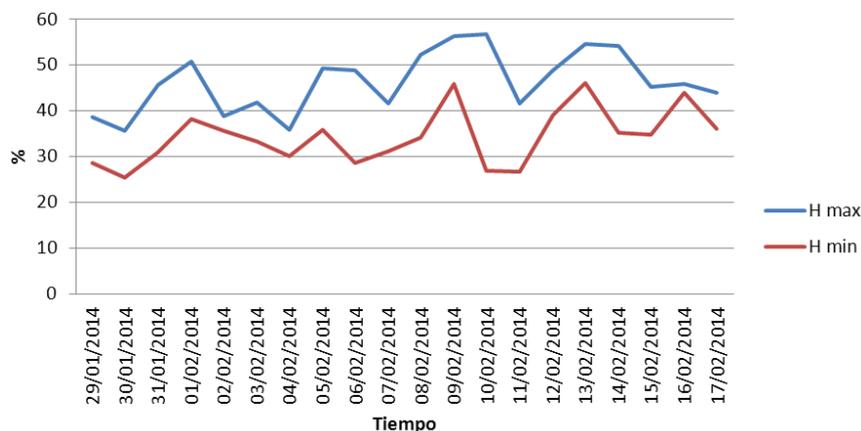
**Figura 58.** Temperaturas ambientales máximas y mínimas durante el periodo de estudio.

La humedad media durante este periodo es de 40,17 %, sufriendo muchas oscilaciones a lo largo del mismo y también dentro de un mismo día (**figura 54**). La mínima es 25,3 % el 30 de enero a las 18:14 y la máxima 56,8 % se alcanza el 10 de febrero a las 00:14 (**tabla 72**). Las humedades máximas se suelen alcanzar alrededor de las 12 de la noche, mientras que las mínimas tienen un horario más variado, obteniéndose registros a media tarde, a media mañana e incluso de madrugada.

**Tabla 72.** Registros de humedad ambiental máxima y mínima.

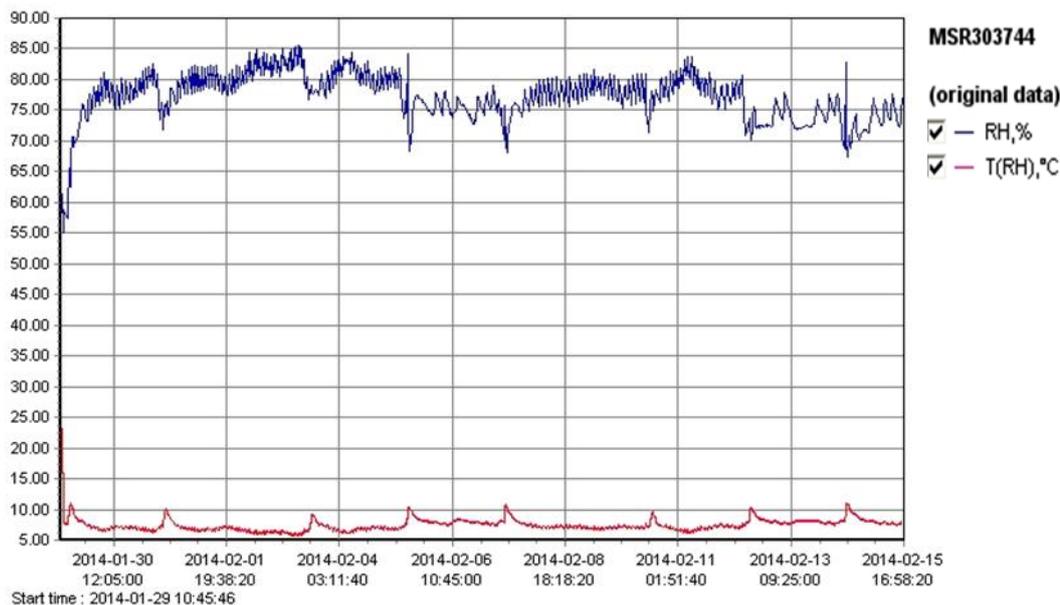
Horas H máx	H máx	Horas H mín	H mín
2014-01-29 11:44:25.719	38,6	2014-01-29 17:14:25.719	28,5
2014-01-30 06:44:25.719	35,7	2014-01-30 18:14:25.719	<b>25,3</b>
2014-01-31 23:14:25.719	45,6	2014-01-31 00:14:25.719	31
2014-02-01 09:14:25.719	50,8	2014-02-01 18:44:25.719	38,2
2014-02-02 23:44:25.719	38,9	2014-02-02 13:44:25.719	35,6
2014-02-03 16:44:25.719	41,8	2014-02-03 12:14:25.719	33,3
2014-02-04 07:14:25.719	35,9	2014-02-04 18:14:25.719	30,1
2014-02-05 15:14:25.719	49,3	2014-02-05 00:14:25.719	35,8
2014-02-06 07:14:25.719	48,8	2014-02-06 16:14:25.719	28,6
2014-02-07 00:14:25.719	41,7	2014-02-07 13:14:25.719	31,2
2014-02-08 21:44:25.719	52,3	2014-02-08 01:14:25.719	34,2
2014-02-09 23:44:25.719	56,4	2014-02-09 08:44:25.719	45,9
2014-02-10 00:14:25.719	<b>56,8</b>	2014-02-10 19:14:25.719	26,9
2014-02-11 23:44:25.719	41,7	2014-02-11 12:14:25.719	26,6
2014-02-12 04:14:25.719	48,9	2014-02-12 10:14:25.719	39,1
2014-02-13 20:14:25.719	54,5	2014-02-13 11:44:25.719	46
2014-02-14 00:14:25.719	54,1	2014-02-14 22:14:25.719	35,2
2014-02-15 23:44:25.719	45,2	2014-02-15 03:44:25.719	34,7
2014-02-16 05:44:25.719	45,8	2014-02-16 23:44:25.719	44
2014-02-17 00:14:25.719	44	2014-02-17 11:44:25.719	36,1

En la **figura 59** se puede observar la evolución de las humedades máximas y mínimas en el periodo registrado.



**Figura 59.** Humedad ambiental máxima y mínima durante el periodo de estudio.

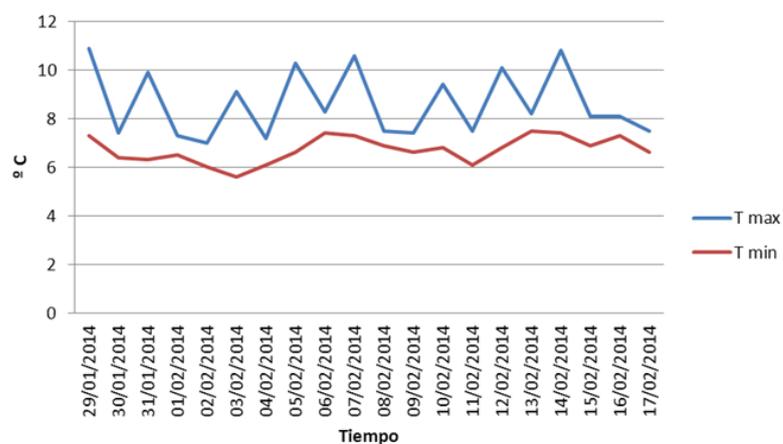
### Frigorífico



**Figura 60.** Valores de humedad (RH) y temperatura (T) de conservación en refrigeración.

En este caso la temperatura se mantiene constante durante todo el tiempo considerado y está en torno a los 7,4 °C de media. Sin embargo, podemos observar que de forma regular se producen picos de subida a 10°C (**figura 60**), esto es debido a la apertura del frigorífico para extraer las muestras o por otro objetivo, ya que una vez

consultada la hora a la que se producen los aumentos (**tabla 73**), comprobamos que son fundamentalmente entre la 13 y 14 horas, horario en el que termina la jornada laboral y, por tanto, se abre el frigorífico en varias ocasiones para guardar nuestras muestras y las de otros investigadores. Durante la noche los valores se mantienen estables y cabe destacar que las temperaturas mínimas se mantienen constantes en torno a los 6,7 °C de media durante todo el tiempo, no presentando picos tan diferenciales como ocurría en el caso de las máximas (**figura 61**), estas temperaturas mínimas se sitúan fundamentalmente a primera hora de la mañana.



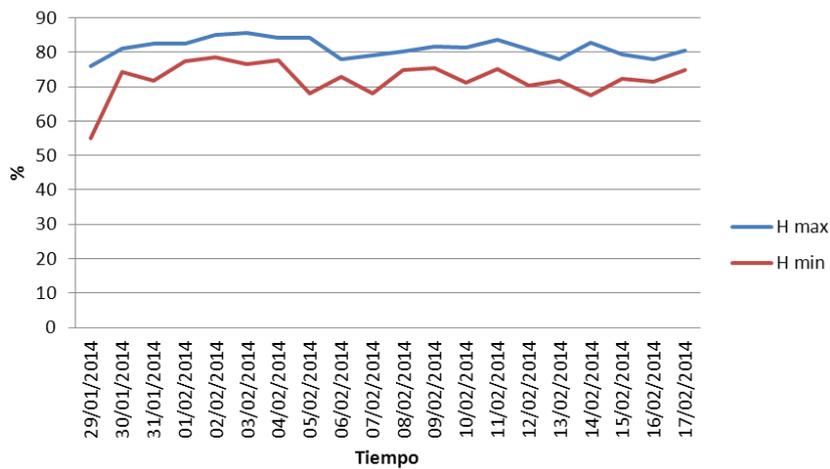
**Figura 61.** Temperatura de refrigeración máxima y mínima durante el periodo de estudio.

**Tabla 73.** Registros de temperatura de refrigeración máxima y mínima.

Hora T max	T max	Hora T min	T min
2014-01-29 14:45:46.672	10,9	2014-01-29 22:45:46.672	7,3
2014-01-30 00:15:46.672	7,4	2014-01-30 06:45:46.672	6,4
2014-01-31 13:45:46.672	9,9	2014-01-31 07:15:46.672	6,3
2014-02-01 18:45:46.672	7,3	2014-02-01 03:45:46.672	6,5
2014-02-02 00:15:46.672	7	2014-02-02 09:15:46.672	6
2014-02-03 13:45:46.672	9,1	2014-02-03 07:15:46.672	5,6
2014-02-04 21:45:46.672	7,2	2014-02-04 05:15:46.672	6,1
2014-02-05 13:15:46.672	10,3	2014-02-05 02:45:46.672	6,6
2014-02-06 13:15:46.672	8,3	2014-02-06 08:15:46.672	7,4
2014-02-07 13:15:46.672	10,6	2014-02-07 23:45:46.672	7,3
2014-02-08 01:15:46.672	7,5	2014-02-08 06:45:46.672	6,9
2014-02-09 20:45:46.672	7,4	2014-02-09 08:15:46.672	6,6
2014-02-10 13:15:46.672	9,4	2014-02-10 07:15:46.672	6,8
2014-02-11 22:45:46.672	7,5	2014-02-11 08:15:46.672	6,1
2014-02-12 13:45:46.672	10,1	2014-02-12 07:45:46.672	6,8
2014-02-13 14:45:46.672	8,2	2014-02-13 07:45:46.672	7,5
2014-02-14 12:45:46.672	10,8	2014-02-14 06:45:46.672	7,4
2014-02-15 00:15:46.672	8,1	2014-02-15 23:26:49.672	6,9
2014-02-16 14:56:49.672	8,1	2014-02-16 06:56:49.672	7,3
2014-02-17 11:26:49.672	7,5	2014-02-17 06:26:49.672	6,6

## Resultados

La humedad es mucho más elevada que la ambiental, al igual que esta, sufre modificaciones pero mucho menos significativas; los valores se mantienen entre el 75-85%, encontrándose en algunos momentos un descenso al 70 % (**figura 62**).



**Figura 62.** Humedad máxima y mínima en el frigorífico durante el periodo de estudio.

La humedad máxima alcanzada (**tabla 74**) en este caso es 84,5 % el día 2 de Febrero y la mínima 68,1 el día 7 del mismo mes (no tenemos en cuenta el primer valor tomado ya que ese registro se toma inmediatamente después de conectar al ordenador el aparato, por lo que todavía no había sido introducido en el frigorífico). No existe ningún criterio característico en cuanto a la distribución horaria de las temperaturas máximas y mínimas.

Tabla 74. Registros de humedad máxima y mínima en el frigorífico.

Horas H max	H max	Horas H min	H min
2014-01-29 20:45:46.672	76,1	2014-01-29 11:15:46.672	55,1*
2014-01-30 07:15:46.672	81,1	2014-01-30 01:15:46.672	74,4
2014-01-31 07:45:46.672	82,5	2014-01-31 12:45:46.672	71,7
2014-02-01 04:15:46.672	82,4	2014-02-01 20:15:46.672	77,4
2014-02-02 23:15:46.672	85	2014-02-02 01:15:46.672	78,6
2014-02-03 06:45:46.672	<b>85,6</b>	2014-02-03 11:45:46.672	76,7
2014-02-04 09:15:46.672	84,3	2014-02-04 20:45:46.672	77,6
2014-02-05 12:45:46.672	84,1	2014-02-05 13:45:46.672	68,2
2014-02-06 07:15:46.672	78,1	2014-02-06 20:45:46.672	72,8
2014-02-07 06:45:46.672	79	2014-02-07 13:45:46.672	68,1
2014-02-08 20:45:46.672	80,4	2014-02-08 00:45:46.672	74,8
2014-02-09 08:45:46.672	81,7	2014-02-09 22:45:46.672	75,3
2014-02-10 21:45:46.672	81,4	2014-02-10 11:45:46.672	71,3
2014-02-11 06:15:46.672	83,7	2014-02-11 21:45:46.672	75,1
2014-02-12 09:45:46.672	80,7	2014-02-12 13:45:46.672	70,2
2014-02-13 06:15:46.672	77,9	2014-02-13 12:15:46.672	71,8
2014-02-14 12:15:46.672	82,8	2014-02-14 13:15:46.672	<b>67,5</b>
2014-02-15 15:56:49.672	79,3	2014-02-15 14:45:46.672	72,4
2014-02-16 08:56:49.672	78	2014-02-16 19:56:49.672	71,4
2014-02-17 03:56:49.672	80,5	2014-02-17 10:26:49.672	74,9

\*Humedad atípica consecuencia de la conexión del sistema de medida

## Congelación

**Illescas y col., (2008)** afirma que los pepinos no admiten la congelación en ningún caso. Nosotros hemos comprobado que efectivamente esto es así manteniendo unas muestras congeladas durante 2 meses a una temperatura constante de  $-17\text{ }^{\circ}\text{C}$  y una humedad del 70%.

Al descongelar el producto, el elevado porcentaje de agua que forma parte de su composición, se pierde de forma que el pepino queda aplastado modificando su forma y contenido, lo que lo hace no apto para el consumo (**figura 63**).



**Figura 63.** Pepino descongelado

Al examinar el producto descongelándose con la lupa observamos una apariencia acuosa y gelatinosa de la pulpa (**figura 64**) que nos informa sobre el deterioro de la misma.



**Figura 64.** Pepino descongelándose visto con lupa (x1x7).

En definitiva, los pepinos que han sido sometidos a congelación pierden todas sus propiedades nutricionales y organolépticas por lo que no son aptos para el consumo y, por tanto, no hemos determinado ningún tipo de parámetro.

#### 4.6 RESULTADOS DAÑOS FRÍO

##### Dimensión y peso

En la **tabla 75** se muestran los resultados correspondientes a las distintas medidas del **peso de los frutos** con el paso del tiempo. Las muestras A, corresponden a los pepinos mantenidos a temperatura ambiente y las muestras N, a las conservadas en nevera. Las medidas se efectuaron cada dos días durante dos semanas y una última medida a la tercera semana.

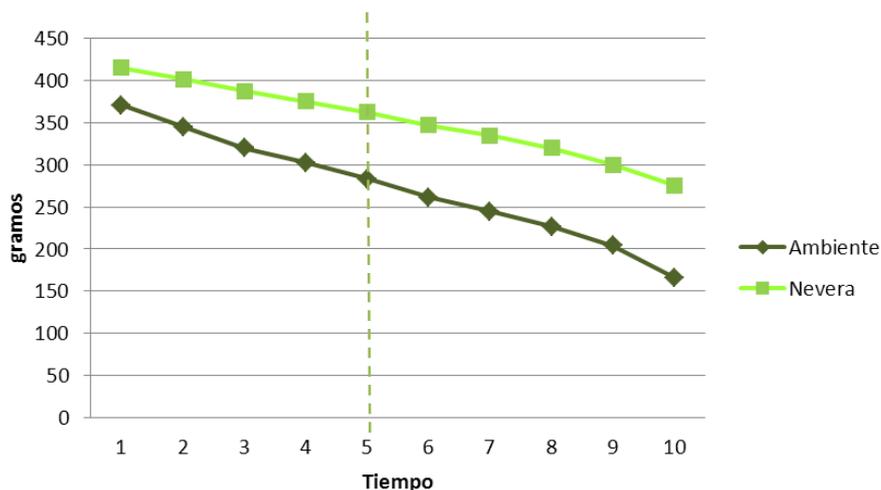
**Tabla 75.** Peso en gramos de las muestras con el paso del tiempo.

Muestra	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	31/01/2014	02/02/2014	04/02/2014	06/02/2014	08/02/2014	10/02/2014	12/02/2014	14/02/2014	16/02/2014	23/02/2014
A1	267,5	243	216,1	197,9	179,9	160,5	144,2	130,1	112,9	82,20
A2	604,9	570,2	535,7	510,1	481,3	446	421,9	387,2	356,2	300,20
A3	262,7	242,6	221,3	200,4	184,9	169	154,8	140,8	122,4	96,10
A4	413,7	389,5	366,8	353,5	332,5	308	288,8	265,5	241,5	199,10
A5	275,9	253,2	232,3	219,4	206,3	189,1	177,7	166,7	150,8	120,40
A6	398,1	371	346,5	331,9	316,1	295,8	281,7	269,8	239,9	198,90
N1	313,1	300	285,3	271,6	258,1	244,5	233,6	219,7	202,9	179,90
N2	446,9	433,5	417,1	401,7	384,9	367,9	353,9	327,2	303,9	277,50
N3	344,8	334,8	322	315,7	301,6	287,7	275,2	263,2	248,2	218,70
N4	439,2	427,6	415,5	405,5	395,9	382,1	372,4	362,3	347,7	318,10
N5	423,5	404,9	387,1	366,9	355,8	334,4	318,6	303,4	281,6	
N6	521,5	510,2	498,4	488,3	478,6	464,1	453,9	443,3	415,8	382,10

En la **figura 65** se puede observar que el peso medio va disminuyendo en todas las muestras con el paso del tiempo. En esta misma figura podemos ver que al principio no existe mucha diferencia en la pérdida de peso, al comparar las muestras a temperatura ambiente y refrigeradas; sin embargo, a partir del día 8 de febrero vemos que los valores correspondientes a ambas categorías se van distanciando cada vez más. Esto coincide con el estudio realizado por **Fernández-Trujillo y Martínez (2006)**, que nos indica que los primeros síntomas visibles de daño por frío aparecen a temperaturas de conservación de 4°C entre los 6-9 días de almacenamiento y se caracterizan por la aparición de ligeros hundimientos en la superficie y un aumento drástico de los síntomas de deterioro.

## Resultados

Aplicamos una estadística *t de student* para los dos grupos de muestras independientes en lo que consideramos antes y después del cambio de tendencia, es decir, antes del 8 de febrero y después del mismo. Previamente comprobamos que los datos siguen una distribución normal con la *prueba de Shapiro-Wilk* y la posible existencia de valores perdidos.



**Figura 65.** Peso medio en gramos con el paso del tiempo.

En la **tabla 76** podemos observar que en ambos casos al ser el nivel de significación asociado al estadístico mayor de 0,05 se concluye que las muestras siguen una distribución normal con un 95% de probabilidad. En este caso utilizamos para realizar el contraste la *prueba de Kolmogorov-Smirnov*, al tener lo que se considera un alto número de muestras. En el gráfico de cajas obtenido no se observa ningún outlier.

**Tabla 76.** Contraste de normalidad para el peso

	Kolmogorov-Smirnov(a)		
	Estadístico	gl	Sig.
Antes	0,064	60	0,200
Después	0,063	60	0,200

La aplicación de la *prueba t-student* para muestras independientes, nos da los resultados mostrados en la **tabla 77**. Dado que el nivel de significación del estadístico de Levene en ambos casos es mayor de 0,05, se asume igualdad de la varianzas con un nivel de confianza del 95%, por lo que es en esta fila donde nos tenemos que fijar para ver los resultados de la comparación de medias. En el caso de la comparación de los

primeros días al ser el p-valor mayor de 0,05 podemos concluir que no existen diferencias significativas al comparar los pepinos de ambiente con los de nevera, sin embargo, en el caso de la comparación posterior al ser menor de 0,01 podemos concluir que existen diferencias significativas con un 99% de probabilidad.

**Tabla 77.** Prueba t para muestras independientes

		Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias		
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)
		Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior
Antes	Se han asumido varianzas iguales	6,972	,011	-2,495	58	<b>,015</b>
	No se han asumido varianzas iguales			-2,495	47,721	,016
Después	Se han asumido varianzas iguales	3,002	,088	-4,177	58	,000
	No se han asumido varianzas iguales			-4,177	54,351	<b>,000</b>

**Tabla 78.** Media, máximos y mínimos para el peso

	N	Mínimo	Máximo	Media
Después Ambiente	30	82,20	446,00	220,6067
Después Nevera	30	179,90	464,10	314,9100

En la **tabla 78 y figura 59** podemos observar que esa diferencia consiste en una mejor conservación del peso en los pepinos mantenidos en nevera ya que el peso medio es significativamente superior.

Estos resultados coinciden con los obtenidos por **Martínez- Romero y col., (2003)**, en los que los pepinos almacenados a mayores temperaturas de conservación mostraron una pérdida de peso mayor que aquellos mantenidos a temperaturas más bajas. Dicho estudio también nos informa de la existencia de una pérdida de peso mayor cuanto mayor es la temperatura programada en el frigorífico.

## Resultados

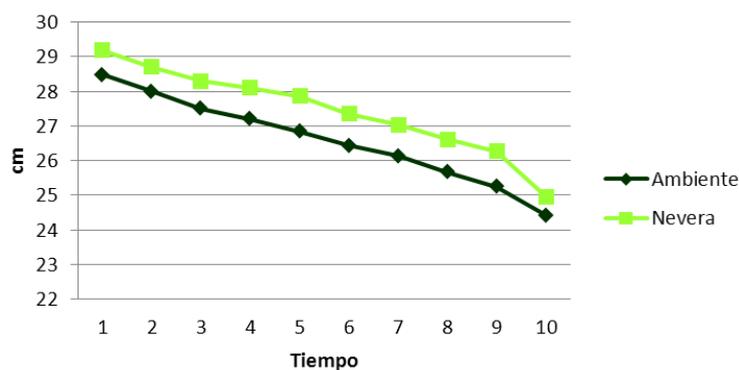
Las modificaciones de las **dimensiones del fruto**, ofrecen los siguientes resultados mostrados en la **tabla 79**.

**Tabla 79.** Longitud y diámetro en cm para las muestras estudiadas.

Muestras	1		2		3		4		5		6		7		8		9		10	
	31/01/2014		02/02/2014		04/02/2014		06/02/2014		08/02/2014		10/02/2014		12/02/2014		14/02/2014		16/02/2014		23/02/2014	
	Longitud	Diámetro																		
A1	21,8	3,9	21,6	3,9	21,1	3,9	21	3,9	20,7	3,8	20,5	3,7	20,3	3,4	19,9	3,3	19,2	3,1	18,4	3
A2	34,4	5,1	33,8	5,1	33,5	5	33,1	5	32,8	4,9	32,1	4,9	31,7	4,9	31,4	4,9	30,9	4,9	29,9	4,9
A3	25,9	3,9	25,3	3,9	24,8	3,9	24,2	3,9	23,8	3,9	23,2	3,7	22,8	3,6	22,2	3,5	21,8	3,3	21	2,9
A4	29,6	4,8	29	4,8	28,5	4,8	28,2	4,7	27,8	4,7	27,5	4,4	27,1	4,4	26,7	4,4	26,1	4	25,2	3,7
A5	27,1	3,9	26,4	3,8	26	3,9	25,9	3,8	25,7	3,6	25,5	3,5	25,3	3,5	24,5	3,2	24,5	3	23,8	2,9
A6	32,1	4,1	31,9	4,1	31,1	4,1	30,8	4,1	30,2	4	29,8	3,7	29,6	3,6	29,3	3,5	29	3,4	28,2	2,9
N1	24,3	4,7	23,6	4,7	23,3	4,7	23,1	4,6	22,8	4,5	22,6	4,3	22,3	4,2	21,9	4	21,3	3,7	20,6	3,7
N2	30,4	4,6	30,2	4,5	30	4,5	29,9	4,5	29,8	4,5	29	4,5	28,7	4,3	28,3	3,9	27,8	3,7	26,4	3,7
N3	30,7	3,9	30,3	3,9	29,7	3,8	29,5	3,9	29,3	3,9	28,7	3,9	28,4	3,8	28	3,6	27,6	3,4	26,3	3
N4	30,3	4,5	29,8	4,5	29,6	4,4	29,4	4,3	29,1	4,3	28,6	4,1	28,4	4	27,9	3,8	27,9	3,7	27,7	3,5
N5	32,7	4	31,9	4	31	4,1	30,6	4	30,4	3,9	29,7	3,9	29,5	3,9	29,1	3,7	28,8	3,6		
N6	26,7	4,6	26,4	4,6	26,2	4,6	26,1	4,6	25,8	4,4	25,5	4,4	24,9	4,3	24,5	4,1	24,2	4,1	23,8	3,7

En las **figuras 60 y 61** se muestra de forma gráfica la evolución de los parámetros longitud y diámetro durante el tiempo de análisis. Se puede observar como ambas medidas van disminuyendo con el paso del tiempo, sin embargo, la disminución de la longitud es mucho más acusada y comienza antes que la del diámetro.

En el caso de la longitud (**figura 66**) no se observa la existencia de diferencias significativas cuando comparamos las medias de las muestras mantenidas en ambiente y frigorífico, por lo que en este caso nuestro análisis estadístico consistirá en comprobar si esa disminución en todas las muestras con el paso del tiempo es significativa. Podemos destacar que el descenso en la longitud a la tercera semana es mucho más acusado en el caso de los mantenidos en nevera.



**Figura 66.** Longitud media en cm durante el tiempo de experimentación.

Al tratarse de un número de muestras grande el supuesto de normalidad puede relajarse, pues se considera que los resultados son asintóticamente similares a los obtenidos con muestras normales. El gráfico de cajas no nos muestra ningún outlier. Aplicamos por todo ello la *prueba t-student*, en este caso para muestras relacionadas ya que se trata de observar la evolución en el tiempo de muestras sometidas a las mismas condiciones experimentales. Los resultados que se muestran en la **tabla 80** nos indican que efectivamente existen diferencias con un 99% de significación. Dichas diferencias como puede observarse en la **figura 66**, consisten en una disminución de la longitud.

**Tabla 80.** Prueba t para muestras relacionadas en cuanto a la longitud

	Diferencias relacionadas					t	gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media	95% Intervalo de confianza para la diferencia				
				Inferior	Superior			
Par 1 Longitud_antes - Longitud_después	1,94576	,50628	,06591	1,81383	2,07770	29,521	58	,000

En la **figura 67**, correspondiente al diámetro, se observa similitud entre todas las muestras durante todo el tiempo de estudio. Para comprobar que efectivamente esto es así, realizamos un análisis estadístico *t de student* para muestras independientes.

Resultados

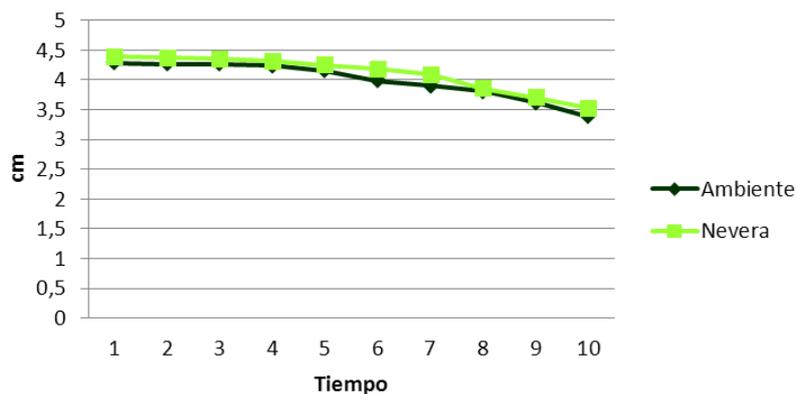


Figura 67. Diámetro medio en cm durante el tiempo de análisis.

En la **tabla 81** podemos comprobar que no existen diferencias significativas en cuanto al diámetro medio de las muestras conservadas en ambiente con respecto a las del frigorífico, ya que el p-valor asociado al estadístico es mayor de 0,05, pudiendo afirmar esto con un 95% de probabilidad.

Tabla 81. Prueba t de student para el diámetro.

		Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias		
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)
		Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior
Diámetro_antes	Se han asumido varianzas iguales	14,116	,000	-,894	58	,375
	No se han asumido varianzas iguales				48,537	,376
Diámetro_después	Se han asumido varianzas iguales	12,539	,001	-1,037	57	,304
	No se han asumido varianzas iguales				42,539	,301

La pérdida de peso y consecuente disminución de las dimensiones del fruto también se ve acompañada por la aparición de hundimientos en su superficie, como indica **Chunlu y col., (2013)**, además de la presencia de algunos puntos blancos en la epidermis del fruto por la salida de sustancias del interior.

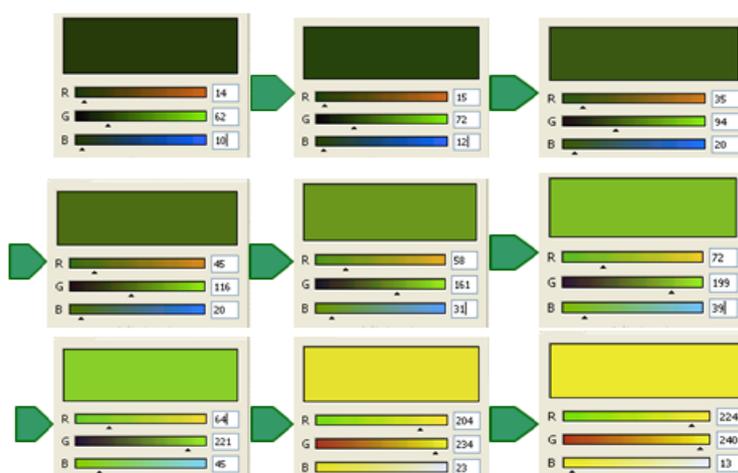
**Color**

Se realizaron tres medidas a cada muestra, obteniéndose la media para cada valor correspondiente a la composición en color en la escala RGB 1023, que es la que utiliza el colorímetro PCR-RGB 2 que hemos empleado, tal y como se ha indicado en el apartado materiales y métodos. En la **tabla 82** se muestran la media de las mediciones realizadas.

**Tabla 82.**Medidas de escala de color con el paso del tiempo.

Muestras	31/01/2014			02/02/2014			04/02/2014			06/02/2014			08/02/2014			10/02/2014			12/02/2014			14/02/2014			16/02/2014			23/02/2014		
	R	G	B	R	G	B	R	G	B	R	G	B	R	G	B	R	G	B	R	G	B	R	G	B	R	G	B	R	G	B
A1	63,67	68,67	43,33	60,00	72,00	41,20	76,67	91,67	50,00	68,67	81,00	44,67	73,33	84,67	42,33	90,00	104,00	52,00	76,33	89,33	47,33	73,33	84,67	48,33	74,00	85,33	44,67	178,00	174,00	70,67
A2	58,33	66,33	46,33	80,33	87,67	58,33	76,33	86,67	61,67	79,33	88,00	62,67	92,33	103,67	67,67	83,00	93,67	52,33	133,33	138,67	76,33	143,00	150,33	72,00	221,00	203,67	88,00	288,67	233,33	98,67
A3	89,33	101,67	59,00	99,33	112,33	62,00	70,00	81,00	47,67	79,33	88,33	51,67	88,00	99,33	54,00	85,67	97,33	56,67	97,33	109,00	57,67	81,67	93,33	54,00	96,33	110,00	59,67	97,00	108,00	59,00
A4	89,00	100,33	64,33	99,00	112,33	77,33	107,00	118,33	76,33	81,33	92,33	60,00	82,67	94,33	58,00	105,00	117,00	77,00	88,00	100,33	58,00	90,00	102,00	57,00	118,33	126,67	66,67	211,33	201,67	90,67
A5	89,33	98,67	61,33	78,00	88,67	57,67	69,67	80,67	48,00	90,00	99,00	66,00	83,67	95,00	58,67	100,33	110,67	69,67	99,33	107,33	67,33	91,67	103,33	61,67	102,33	112,00	63,00	136,67	140,67	75,00
A6	114,67	126,33	67,33	112,33	125,00	65,67	107,33	120,67	63,33	140,67	151,33	80,00	128,00	106,33	76,33	112,33	126,00	71,67	112,00	122,00	67,33	104,00	117,00	63,33	114,67	130,00	64,33	118,00	132,00	70,33
N1	66,00	76,00	64,00	75,67	82,00	53,00	56,67	67,33	39,33	69,00	79,00	52,33	70,67	92,00	53,67	71,67	80,67	54,33	79,67	79,67	57,67	67,33	75,33	49,33	63,33	69,00	63,33	82,67	91,00	58,00
N2	75,33	88,67	49,00	78,00	91,33	52,33	80,33	93,67	55,67	98,33	111,33	68,33	81,67	95,00	55,33	96,00	110,00	59,00	111,33	111,33	66,33	113,33	125,67	65,00	75,33	85,33	53,00	85,67	93,33	49,67
N3	65,33	76,33	47,00	78,00	85,00	50,00	70,33	82,00	49,33	82,67	94,33	56,67	83,33	93,33	57,67	87,33	100,00	59,33	83,67	83,67	57,33	65,00	73,00	44,67	118,00	132,00	65,33	62,00	70,00	43,67
N4	89,67	96,67	62,67	58,67	65,00	47,33	74,33	84,00	54,00	67,00	78,67	46,67	70,00	89,00	54,33	72,67	81,33	55,33	61,67	61,67	48,00	57,67	64,67	44,67	64,67	72,33	49,00	65,67	75,00	47,67
N5	84,67	100,00	55,00	79,33	91,33	50,67	99,00	112,33	65,67	74,33	85,33	46,67	72,67	67,00	49,67	76,33	86,67	50,67	73,00	73,00	48,00	67,33	90,00	52,00	72,33	82,67	47,00			
N6	70,67	79,33	53,33	60,00	70,33	45,33	76,00	85,33	60,00	84,67	94,67	51,33	59,33	68,33	43,33	80,67	91,00	60,00	82,33	82,33	60,67	68,33	76,67	52,00	60,00	69,33	42,33	87,00	98,00	58,00

Posteriormente se hicieron los cálculos oportunos para pasar esos valores a la escala 255, que es la que utiliza el programa informático descrito en el apartado correspondiente; que nos muestra cómo ha ido cambiando el color de las muestras. En la **figura 68** se puede observar la evolución de color que sufrieron las muestras.



**Figura 68.**Cambio de color durante el tiempo de experimentación para ambas categorías de pepinos.

## Resultados

Podemos afirmar que se producen diferencias significativas en el color del pepino con el paso del tiempo, estas diferencias se traducen en un aumento progresivo de los tres componentes del color (R, G y B), como puede observarse en la **tabla 82** que produce un paso del color verde oscuro inicial, al amarillo final en algunas partes del pepino, pasando por el color verde claro intermedio (**figura 69**).



**Figura 69.** Cambio de color con el paso del tiempo

Hasta el momento de finalización del estudio, las muestras contaban con solo algunas partes amarillas repartidas en distintas zonas de la superficie, pero si se mantuviese la conservación, este color pasaría a ocupar toda la superficie (**figura 70**).



**Figura 70.** Pepino amarillo en toda su superficie, al cabo de 2 meses.

Este mismo fenómeno nos indica **Prono-Widayat y col, (2003)**, en cuyo trabajo también se produce un incremento significativo del chroma (en el que se encuadran los tres componentes del color que nosotros hemos estudiado) conforme va madurando el fruto, cuya consecuencia es el amarilleo del mismo.

En esta misma **tabla 82**, podemos observar que el día 10 de febrero, cuando han pasado 14 días del comienzo del estudio, se produce un aumento considerable de

los valores del chroma respecto a las medidas anteriores en ambos tipos de conservación. Estos resultados coinciden con los obtenidos por **Fahad y col., (2012)**, en los que se observa que la aceptación del pepino en lo que respecta al color en muestras conservadas a 10 y 25 °C disminuye significativamente a los 16 días, especialmente en los de 25°C.

Mediante la prueba estadística *t de student* para muestras independientes vamos a comparar si existen diferencias significativas entre las distintas formas de conservación en cuanto a la evolución de los distintos componentes del color. Como venimos haciendo hasta este momento, consideraremos dos momentos, inicial hasta el día 7 de febrero y final, el resto.

En el caso del componente rojo (R), como podemos observar en la **tabla 83**, existen diferencia significativas tanto en el los primeros estadios como en los siguientes, al ser en ambos casos el p-valor asociado al estadístico menor de 0,05 en el primer caso con lo que podemos asegurar esto con un 95% de probabilidad y menor de 0,01 en el segundo caso por lo que aquí lo podemos afirmar con un 99%.

**Tabla 83.**Prueba t para el componente de color R

	Prueba T para la igualdad de medias		
	t	gl	Sig. (bilateral)
	Inferior	Superior	Inferior
R antes	3,118	58	,003
R después	4,199	57	,000

**Tabla 84.**Media para los distintos grupos en cuanto a R.

		Media
R antes	Ambiente	87,5883
	Nevera	75,0557
R después	Ambiente	117,4217
	Nevera	77,6552

Una vez conocida la existencia de diferencias, a partir de la **tabla 84**, podemos extraer las siguientes conclusiones. En ambos momentos de análisis, el componente R del color, es mayor las muestras mantenidas en ambiente; esto quiere decir que su deterioro es mayor, ya que el color amarillo atípico en el pepino tiene una mayor

proporción de R que el color verde. Además el aumento de la media que se ha producido con el paso del tiempo es considerablemente mayor en el caso de los pepinos mantenidos en ambiente, lo cual implica un deterioro más rápido.

En el caso del componente verde (G), inicialmente no podemos asegurar que existan diferencia significativas con un 95% pero si en el caso posterior, en el que podemos asegurar la existencia de estas diferencias con un 99% de seguridad, tal y como puede observarse en la **tabla 85**.

**Tabla 85.** Prueba t para el componente G

	Prueba T para la igualdad de medias		
	t	gl	Sig. (bilateral)
	Inferior	Superior	Inferior
G antes	2,868	58	,006
G después	5,173	57	,000

**Tabla 86.** Media para los distintos grupos en cuanto a G.

		Media
G antes	Ambiente	97,4110
	Nevera	85,8213
G después	Ambiente	124,1110
	Nevera	85,6783

En la **tabla 86** podemos ver que mientras en los pepinos de nevera el componente de color verde (G) se mantiene igual con el paso del tiempo, en los de ambiente aumenta considerablemente, lo que al igual que en el caso anterior implica un deterioro mayor.

El componente azul (B), en las primeras etapas no se encuentran diferencias, en las últimas etapas si y lo podemos afirmar con un 99% de seguridad (**tabla 87**).

**Tabla 87.** Prueba t para el componente B

	Prueba T para la igualdad de medias		
	t	gl	Sig. (bilateral)
	Inferior	Superior	Inferior
B antes	2,662	58	,010
B después	4,308	57	,000

**Tabla 88.** Media para los distintos grupos en cuanto a B.

		Media
B antes	Ambiente	59,0953
	Nevera	52,9887
B después	Ambiente	65,3447
	Nevera	53,8390

Como en el caso del componente anterior, la media en caso de los pepinos conservados en nevera apenas aumenta, mientras que en los de temperatura ambiente aumenta considerablemente (**tabla 88**).

De todo lo observado con referencia al color, podemos concluir que el deterioro es mayor y más rápido en los frutos mantenidos a temperatura ambiente. Estos resultados son similares a los obtenidos por **Prono-Widayat y col., (2003)** que nos informan de que durante el tiempo de almacenamiento los pepinos conservados a 18 °C muestran una disminución del chroma mayor y más rápida que los almacenados a 5°C, partiendo inicialmente de la misma medida. Estos cambios en el color de la piel se asocian a los cambios en la clorofila y los carotenoides de las frutas.

Con el paso del tiempo las muestras conservadas en refrigeración mantienen su color verde oscuro típico mientras que las conservadas en ambiente se tornan amarillas (**figura 71**). Esto se debe a la degradación de la clorofila a (azul-verdosa) y el incremento de la clorofila b (amarillo-verdoso) que se produce con la maduración (**Prono-Widayat y col., 2003**) a temperatura ambiente, mientras que en el almacenamiento a bajas temperaturas ni la clorofila a ni la b, muestran degradación o acumulación.

**Figura 71.** Muestras conservadas en refrigeración (superior) y ambiente (inferior) durante un mes.

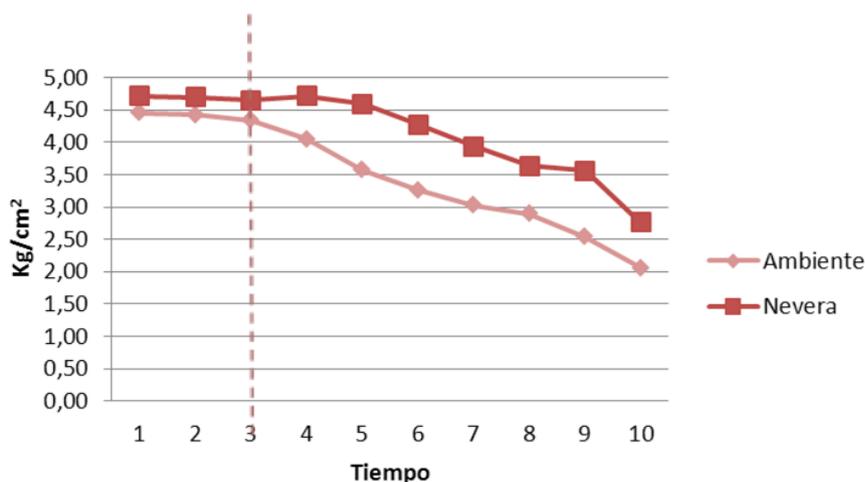
**Firmeza**

A continuación aparecen los resultados correspondientes a la medida de la firmeza de los pepinos que fue determinada en el extremo, que sufre un ablandamiento más rápido (**tabla 89**) y en el centro (**tabla 92**).

**Tabla 89.** Medida de la firmeza en kg/cm<sup>2</sup> en la punta.

Muestras	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	31/01/2014	02/02/2014	04/02/2014	06/02/2014	08/02/2014	10/02/2014	12/02/2014	14/02/2014	16/02/2014	23/02/2014
A1	4,70	4,61	4,40	4,35	3,20	2,89	2,80	2,66	1,66	1,26
A2	4,48	4,40	4,36	4,16	3,55	3,24	3,16	3,00	2,91	2,28
A3	4,31	4,30	4,21	4,14	3,74	3,49	3,31	3,26	2,87	2,63
A4	4,30	4,29	4,24	4,18	4,07	3,90	3,34	3,29	3,19	2,11
A5	4,16	4,15	4,13	3,68	3,40	2,80	2,44	2,20	1,95	1,69
A6	4,80	4,80	4,73	3,82	3,48	3,27	3,13	2,95	2,62	2,37
N1	4,84	4,76	4,72	4,73	4,64	3,79	3,49	3,29	3,26	3,01
N2	4,22	4,20	4,18	4,13	4,01	3,98	3,89	3,17	3,16	2,47
N3	4,52	4,52	4,50	4,73	4,67	4,53	3,75	3,63	3,43	2,88
N4	5,28	5,27	5,19	5,14	4,89	4,65	4,55	3,96	3,90	2,08
N5	5,28	5,27	5,24	5,31	5,20	4,83	4,64	4,55	4,49	3,17
N6	4,17	4,15	4,10	4,29	4,14	3,89	3,30	3,23	3,15	3,00

Como se puede observar en la **figura 72**, la dureza media en el extremo se mantiene más o menos igual durante los 5 primeros días, sin embargo, a partir del 6º día se observa un clara diferenciación entre ambas formas de conservación, siendo el descenso de la dureza claramente mayor en el caso de los pepinos de temperatura ambiente.



**Figura 72.** Evolución de la firmeza media de la punta

A continuación, se demuestra esto estadísticamente. En nuestra experimentación las diferencias comienzan a observarse a partir del día 3 de febrero, por lo que el análisis estadístico lo haremos con los datos obtenidos a partir de esa fecha. En la **tabla 90** podemos comprobar tras la aplicación de la *t de student* para muestras independientes que a los cinco de días de conservación, comienzan a observarse diferencias significativas entre ambos tipos, con un 99% de probabilidad y dichas diferencias consisten en una menor firmeza en el caso de las muestras a temperatura ambiente (**tabla 91**).

**Tabla 90.** Prueba t para la firmeza en la punta

Prueba T para la igualdad de medias			
	t	gl	Sig. (bilateral)
	Inferior	Superior	Inferior
Firmeza extremo	-5,296	81,644	,000

**Tabla 91.** Media de la firmeza en la punta.

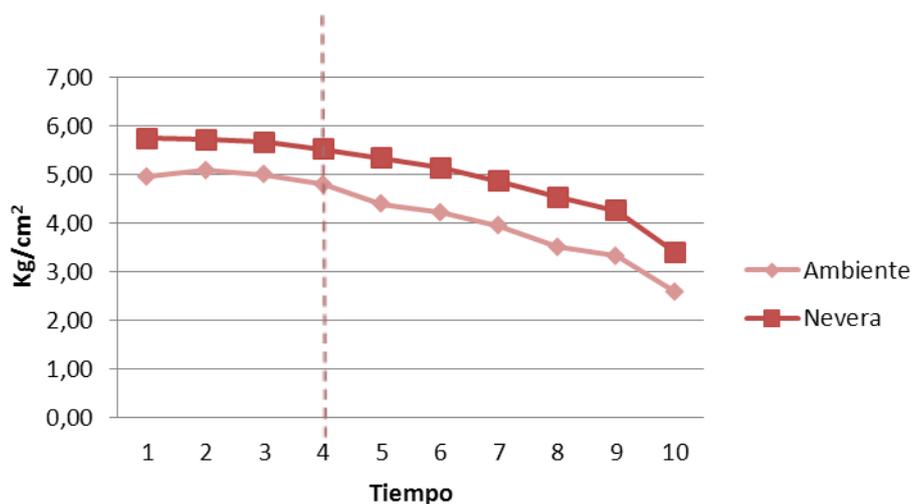
		Media
Firmeza extremo	Ambiente	3,0581
	Nevera	3,9286

En todos los casos (extremo y centro en ambiente y frigorífico) podemos observar una disminución progresiva de la firmeza con el paso del tiempo al igual que demuestra **Fahad y col., (2012)** en su estudio con pepinos almacenados a 10 y 25°C.

**Tabla 92.** Medida de la firmeza en kg/cm<sup>2</sup> en el centro.

Muestras	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	31/01/2014	02/02/2014	04/02/2014	06/02/2014	08/02/2014	10/02/2014	12/02/2014	14/02/2014	16/02/2014	23/02/2014
A1	4,77	4,73	4,64	4,57	3,58	3,50	3,44	3,19	3,09	2,51
A2	5,58	5,56	5,30	4,98	4,51	4,33	4,10	3,64	3,44	2,55
A3	5,15	5,18	5,11	4,91	4,53	4,44	4,29	3,88	3,46	2,88
A4	4,45	5,32	5,29	5,21	5,07	4,91	4,31	3,93	3,67	2,55
A5	4,56	4,55	4,51	4,47	4,15	3,70	3,37	2,89	2,81	2,27
A6	5,25	5,23	5,15	4,65	4,54	4,49	4,21	3,54	3,48	2,79
N1	5,66	5,64	5,60	5,50	4,94	4,88	4,05	3,61	3,46	3,14
N2	4,89	4,88	4,84	4,75	4,67	4,56	4,26	3,52	3,42	3,11
N3	5,75	5,74	5,69	5,47	5,29	5,27	4,91	4,63	3,76	3,12
N4	5,67	5,65	5,54	5,51	5,40	5,32	5,17	4,98	4,71	3,40
N5	6,11	6,09	6,07	5,96	5,84	5,56	5,15	5,01	4,91	3,41
N6	6,38	6,36	6,32	5,95	5,89	5,26	5,69	5,50	5,28	4,29

En la **figura 73** podemos ver, que en este caso las diferencias empiezan a observarse a partir del día 6 de febrero, por lo que utilizaremos los resultados obtenidos a partir de esta fecha para realizar el análisis estadístico.



**Figura 73.** Evolución de la firmeza media del centro

En la **tabla 93** podemos comprobar que a los 7 días aparecen diferencias significativas con un 99% de probabilidad. Siento esta diferencia mayor comparada con la dureza de la punta y significativamente superior en el caso de los conservados en nevera. Coincidiendo estos resultados con los de **Jingying y col., (2011)** en su estudio sobre pepinos holandeses, en el que también se observa una disminución de la firmeza

con el paso del tiempo, siendo esta menor en aquellos que se conservaron en nevera respecto a los que se mantuvieron a temperatura ambiente (**tabla 94**).

**Tabla 93.** Prueba t para la firmeza en el centro

	Prueba T para la igualdad de medias		
	t	gl	Sig. (bilateral)
	Inferior	Superior	Inferior
Firmeza centro	-4,933	70	0,000
	-4,933	68,091	0,000

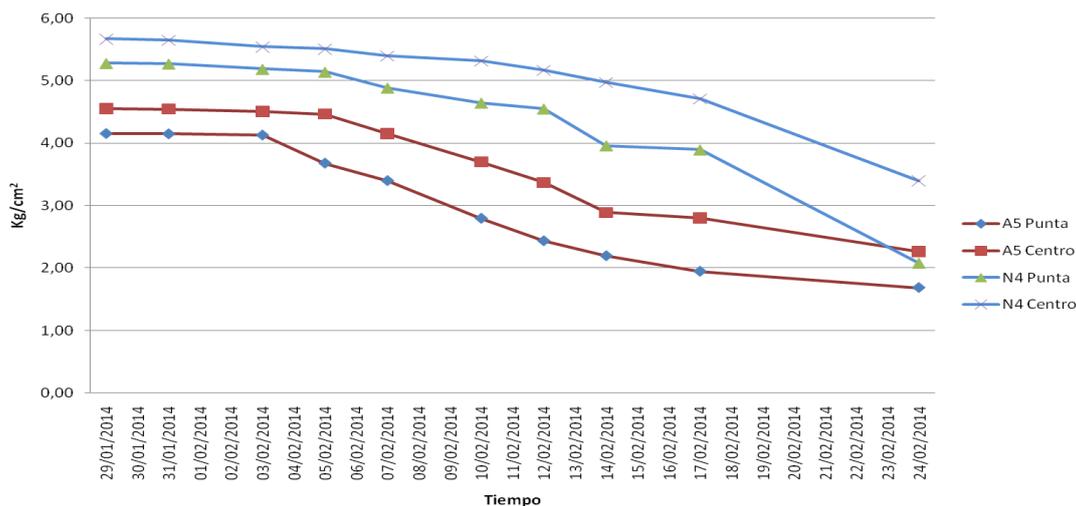
**Tabla 94.** Media de la firmeza en el centro

		Media
Firmeza centro	Ambiente	3,6678
	Nevera	4,5936

De acuerdo con **Heyes y col., (1994)** el grado de ablandamiento está directamente relacionado con el grado de degradación de las sustancias pécticas y hemicelulosas, lo cual provoca el debilitamiento de las paredes celulares y las fuerzas cohesivas que mantienen las células juntas.

A continuación vamos a comprobar si existen diferencias significativas entre la firmeza de la punta y del centro de un mismo pepino. Aplicaremos la *prueba t de student*, en este caso para muestras relacionadas, ya que se trata de la comparación de dos partes de una misma muestra. Como se puede observar en la **figura 74**, donde hemos cogido al azar una muestra de cada modo de conservación para su representación gráfica, la firmeza es menor en ambos casos en la punta desde el principio del análisis, haciéndose esta diferencia cada vez más evidente con el trascurso del tiempo, lo que nos indica que el deterioro comienza por esta parte.

## Resultados



**Figura 74.** Comparación extremo-centro de dos muestras analizadas.

**Tabla 95.** Comparación de la firmeza del extremo y centro de las muestras

	t	gl	Sig. (bilateral)
Firmeza punta antes - Firmeza centro antes	-11,294	47	,000
Firmeza punta después - Firmeza centro después	-14,604	71	,000

Con los resultados aportados por la **tabla 95** podemos asegurar con un 99% de probabilidad la existencia de diferencias significativas en la firmeza de la punta y el centro de las muestras tanto en lo que consideramos antes del cambio llamativo que podemos captar visualmente en el gráfico (hasta el día 5 de febrero) como después de dicha fecha.

En la **tabla 96** ver como las medias de ambas partes han disminuido con el paso del tiempo, manteniéndose la media del centro siempre más elevada.

**Tabla 96.** Media de la firmeza de las muestras en el extremo y el centro.

	Media
Firmeza extremo antes	4,5092
Firmeza centro antes	5,3154
Firmeza extremo después	3,3442
Firmeza centro después	4,1307

## Grados brix

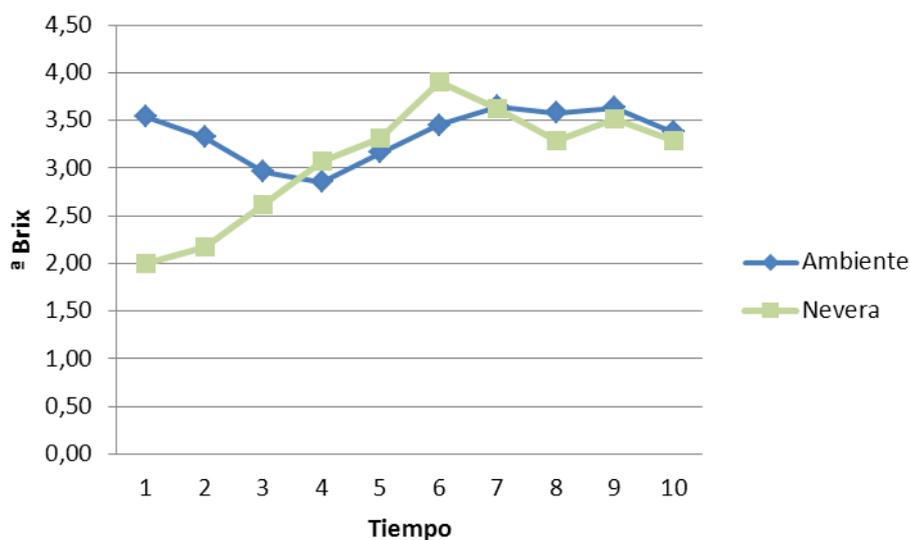
Los resultados de contenido en azúcar son los que aparecen en la **tabla 97**, en grados brix con la corrección de la temperatura ya realizada.

**Tabla 97.** Evolución de los grados brix con el tiempo

Muestras	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	31/01/2014	02/02/2014	04/02/2014	06/02/2014	08/02/2014	10/02/2014	12/02/2014	14/02/2014	16/02/2014	23/02/2014
A1	5,06	4,94	3,88	4,06	2,93	3,25	4,06	4,03	4,90	4,04
A2	3,56	1,94	1,88	2,06	3,13	3,25	2,56	2,38	2,75	2,44
A3	1,06	1,94	3,38	2,06	3,63	4,00	4,56	4,13	4,25	3,64
A4	4,06	3,94	2,88	3,06	2,88	3,25	3,00	3,13	3,00	3,04
A6	3,95	3,85	2,78	3,02	3,25	3,50	4,06	4,23	3,25	3,74
N1	1,06	1,44	3,63	3,56	4,13	4,00	3,81	3,83	3,90	3,84
N2	1,06	1,44	1,88	2,06	3,38	3,50	3,26	3,03	3,10	2,94
N3	2,23	2,36	2,53	2,81	3,13	4,00	4,00	3,38	3,70	2,94
N5	3,56	3,44	2,63	3,56	2,63	4,00	3,86	3,33	3,85	2,80
N6	2,06	2,20	2,43	3,35	3,30	4,00	3,16	2,88	3,00	3,94

En la representación gráfica de las medias (**figura 75**), podemos ver que no existen diferencias significativas entre los dos tipos de conservación ya que todas las medidas se encuentran por la misma zona, no distinguiéndose ninguna parte dominada por una u otro como ocurría en las variables anteriores. También observamos que no existe ninguna tendencia clara a aumentar o disminuir este parámetro con el paso del tiempo, no obstante, se producen distintas oscilaciones durante todo el curso de análisis hasta llegar a las dos últimas medidas donde las muestras conservadas en ambiente y refrigeración parecen igualarse en torno a los 3,50 grados brix para disminuir posteriormente a 3,30 grados brix. Por la disparidad de los datos obtenidos no realizamos ningún análisis estadístico.

## Resultados



**Figura 75.** Evolución de la media de los grados brix en las dos formas de conservación

Estos resultados coinciden con los aportados por **Azcón y Talón (2003)**, según el cual la acumulación de azúcares en frutos no climatéricos, ocurre durante la etapa de crecimiento, no experimentando cambios significativos durante la maduración, como ocurre con los frutos climatéricos. Esta sería la explicación de porqué nuestros resultados no muestran un claro aumento o disminución del contenido en azúcares, si no que van oscilando con el paso del tiempo en torno a los mismos valores. Esta irregularidad entre el contenido de azúcar durante el almacenamiento también fue observada por **Moreno y col., (2013)**.

## pH

Los resultados obtenidos en la medida del pH se muestran en la **tabla 98**.

**Tabla 98.** Medida del pH en las muestras.

Muestra	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	31/01/2014	02/02/2014	04/02/2014	06/02/2014	08/02/2014	10/02/2014	12/02/2014	14/02/2014	23/02/2014
A1	5,99	6,54	6,55	6,56	6,35	5,60	5,75	5,47	5,20
A2	5,97	6,16	6,45	6,50	6,55	6,10	6,13	6,11	5,32
A3	6,05	6,44	6,12	6,02	5,97	5,55	5,65	5,52	4,67
A4	5,95	6,33	6,01	6,32	6,25	5,84	5,80	5,38	5,29
A6	6,03	6,40	6,21	6,15	5,92	5,31	5,41	4,96	4,41
N1	5,96	5,99	5,94	6,12	6,13	5,89	6,02	5,30	5,23
N2	5,37	5,28	5,54	5,88	6,33	6,15	6,22	5,90	5,56
N3	5,62	5,44	5,77	6,08	6,26	6,13	6,01	5,41	5,34
N5	5,77	5,65	6,09	6,29	6,39	6,35	6,38	5,43	5,37
N6	5,82	5,70	6,14	6,34	6,44	6,40	6,36	5,73	5,48

En la **figura 76**, que representa la evolución del pH con el paso del tiempo, podemos ver que inicialmente el pH es mayor (más básico) en las muestras conservadas en ambiente, hasta llegar a un punto de convergencia, el día 8 de febrero, en el que todas las muestras tienen un pH similar comprendido entre 6 y 6,5, similar a los datos aportados por **Moreno y col., 2013**. A partir de dicha fecha, la tendencia cambia, disminuyendo el pH de las muestras de ambiente (acidificándose) más que las muestras del frigorífico.

Este descenso del pH coincide con los resultados obtenidos por **Cortés y col., (2011)** en un estudio del pepino fortificado con vitamina E, donde se muestra una tendencia a la disminución del pH, asociada a la pérdida de fluidos por la salida del líquido componente natural del pepino. Puesto que la pérdida de peso es significativamente mayor en los pepinos de ambiente, consecuentemente la pérdida del líquido propio del pepino será mayor y, por tanto, la disminución del pH también.

Resultados

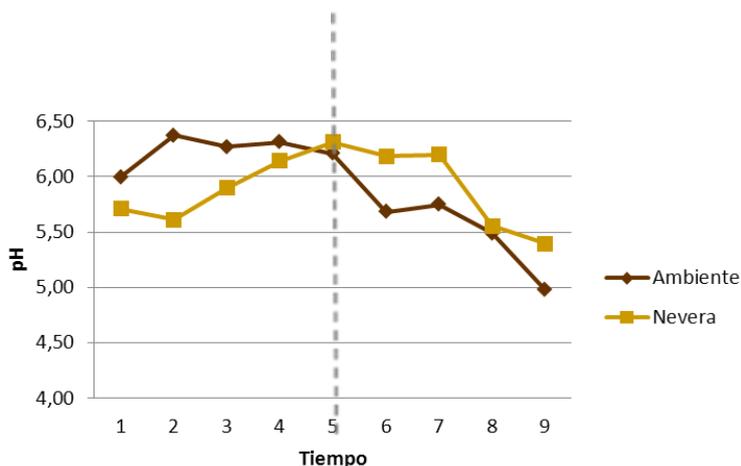


Figura 76. Evolución del pH con el paso del tiempo.

Realizamos un análisis estadístico en los dos momentos anterior y posterior a la convergencia para comprobar si estas diferencias que observamos a simple vista, son significativas, para ello utilizaremos la prueba *t de student* para muestras independientes. Durante los 10 primeros días comprobamos que existen diferencias significativas con un 99% de significación, mientras que posteriormente tienden a igualarse, desapareciendo estas diferencias (tabla 99).

Tabla 99. Prueba t para el pH antes y después.

	Prueba T para la igualdad de medias		
	t	gl	Sig. (bilateral)
pH antes	4,320	25	,000
pH después	-2,370	45	,022
	-2,382	43,352	,022

En la tabla 100, podemos ver que la media de los 10 primeros días es superior en el caso de los pepinos mantenidos en ambiente. Posteriormente el pH de los de ambiente disminuye considerablemente, mientras que en los de frigorífico se mantiene más o menos contante, de forma que llegan a igualarse.

Tabla 100. Comparación de medias para el pH.

		Media
pH antes	Ambiente	6,2823
	Nevera	5,8379
pH después	Ambiente	5,6079
	Nevera	5,9304

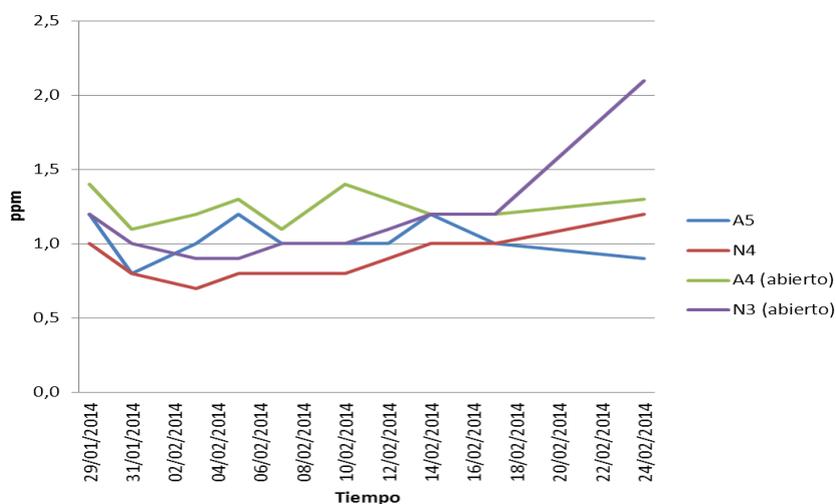
## Etileno

Estudiamos la producción de etileno, ya que se trata de un inductor de la maduración, por tanto, una mayor producción de etileno implicará que el fruto madure antes.

Por los resultados obtenidos y mostrados en la **tabla 101**, comprobamos que la producción de etileno es muy baja al tratarse de frutos no climatéricos. Se analizaron dos muestras de pepinos intactos y otras dos abiertos, con el objetivo de ver si había una mayor producción de etileno en este último caso. En la **figura 77**, apreciamos una mayor producción en los pepinos abiertos pero no excesivamente superior, comprobaremos con la estadística si es significativa. También podemos ver que la producción de etileno es ligeramente superior en los pepinos mantenidos en ambiente. No observamos diferencias con el paso del tiempo en ninguna de las muestras analizadas. Cabe destacar que la última medida de la muestra N3, es marcadamente superior al resto, probablemente por la presencia de moho en avanzado estado de desarrollo en su superficie.

**Tabla 101.** Etileno en ppm con el paso del tiempo

Muestra	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	31/01/2014	02/02/2014	04/02/2014	06/02/2014	08/02/2014	10/02/2014	12/02/2014	14/02/2014	16/02/2014	23/02/2014
A5	1,2	0,8	1,0	1,2	1,0	1,0	1,0	1,2	1,0	0,9
N4	1,0	0,8	0,7	0,8	0,8	0,8	0,9	1,0	1,0	1,2
A4 (abierto)	1,4	1,1	1,2	1,2	1,1	1,4	1,3	1,2	1,2	1,3
N3 (abierto)	1,2	1,0	0,9	0,9	1,0	1,0	1,1	1,2	1,2	2,1



**Figura 77.** Evolución de la producción de etileno.

Resultados

Los resultados obtenidos tras la aplicación de la prueba estadística t de student (**tabla 102**) nos permiten afirmar con un 99% de seguridad la existencia de diferencias significativas entre los pepinos almacenados enteros y abiertos, consistente dicha diferencia en una mayor producción de etileno en los que se encuentran abiertos (**tabla 103**), por lo que la maduración será más rápida y, por tanto, el deterioro también.

**Tabla 102.** Análisis estadístico comparativo de etileno entre muestras enteras y abiertas.

	Prueba T para la igualdad de medias		
	t	gl	Sig. (bilateral)
	Inferior	Superior	Inferior
Etileno	-3,904	37	,000

**Tabla 103.** Medias de producción de etileno muestras enteras y abiertas

		Media
Etileno	Enteros	0,9650
	Abiertos	1,1526

En la **tabla 104**, comparamos si existen diferencias entre los pepinos almacenados en nevera y ambiente. Podemos ver que existen diferencias con un 95% de probabilidad, consistentes dichas diferencias en una mayor producción de etileno en el caso de las muestras mantenidas en ambiente (**tabla 105**). Por ello, podemos decir que las bajas temperaturas disminuyen la maduración, esto es así con un 95% de probabilidad.

**Tabla 104.** Análisis estadístico comparativo de etileno entre muestras de ambiente y nevera.

	Prueba T para la igualdad de medias		
	t	gl	Sig. (bilateral)
	Inferior	Superior	Inferior
Etileno	3,189	37	,003

**Tabla 105.** Medias de producción de etileno muestras ambiente y nevera.

		Media
Etileno	Ambiente	1,1350
	Nevera	0,9737

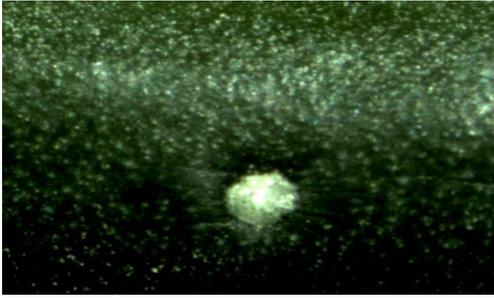
Existen muchos autores cuyos estudios concluyen que los cultivares de pepino no muestran ningún incremento en la producción de etileno asociada a la maduración, sea cual sea su temperatura de conservación, por lo que se han descrito como frutos no climatéricos, tal es el caso de **Ahumada y Cantwell (1996)**; **Heyes y col., (1994)**. Dicha conclusión es la misma que hemos extraído en nuestro estudio. Sin embargo, cabe destacar que existen también otros estudios que afirman justo lo contrario por lo que hay cierta controversia en este aspecto.

#### **Análisis óptico y microestructural**

En la **figura 78**, se puede observar una muestra en perfecto estado recién recolectada, identificada y preparada para el comienzo de las analíticas.

**Figura 78.** Muestra justo después de su recogida.

A los dos días aparecen diminutos puntos blancos en la superficie, que al ser observados con la lupa vemos que se trata de una especie de espuma (**figura 79 a y b**), esto también fue encontrado por **Jingying y col., (2011)** a los dos días de almacenamiento de sus muestras de pepino y por **Quian y col., (2013)** a los nueve días de almacenamiento en refrigeración. La cantidad de puntos blancos es mayor en los conservados en el frigorífico.



**Figura 79a.** Espuma blanca (aumento x1x7)



**Figura 79b.** Espuma blanca (aumento x1x16)

La **figura 80**, muestra dos pepinos a los 5 días de la recogida. La muestra de la derecha corresponde a los conservados en ambiente y la de la izquierda a los de nevera. Puede observarse el color verde más claro en el de ambiente así como la pérdida total del pedúnculo y la presencia de hundimientos a lo largo de su superficie. Comienzan a aparecer cicatrices en los de ambiente. En la **figura 81** se muestra con detalle una grieta a los 10 días.

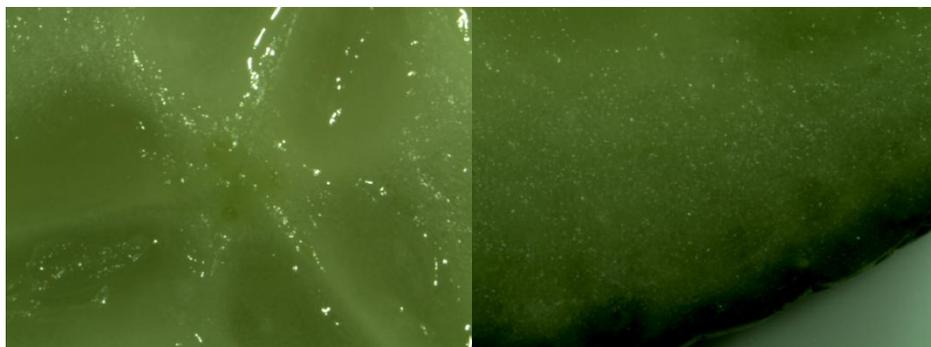


**Figura 80.** Muestras a los 5 días de almacenamiento en frigorífico y ambiente.



**Figura 81.** Grietas a los 10 días

Al cabo de una semana de almacenamiento observamos con la lupa el interior de las muestras (**figura 82 y 83**). En las muestras de ambiente se observa una mucosidad que nos indica deterioro que no está presente en el caso de los de nevera.



**Figura 82.** Centro y borde del interior de una muestra de ambiente (aumentos x1x7)



**Figura 83.** Centro y borde del interior de una muestra de nevera (aumentos x1x7)

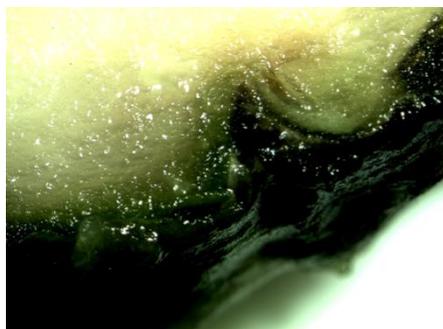
Con el paso del tiempo observamos un ahuecado del interior, que fue también indicado por **Jingying y col., (2012)**, así como un pardeamiento en aquellos que fueron abiertos para su análisis y conservados en ambiente. En la **figura 84**, se puede ver a la derecha una muestra de ambiente y a la izquierda una del frigorífico.



**Figura 84.** Interior muestras ambiente y frigorífico

## Resultados

Las zonas de pardeamiento vistas con la lupa (aumentos x1x7) tienen el aspecto que aparece en la **figura 85**, como se puede ver cómo están acompañadas de un líquido exudado.



**Figura 85.** Zona de deterioro observada con lupa

A los 10 días de mantenimiento a temperatura ambiente el estado de las muestras es el que aparece en la **figura 86**, las muestras de frigorífico se siguen conservando firmes, sin embargo, comienzan a observarse zonas acuosas oscuras que probablemente serán las causantes del desarrollo de mohos que aparece más tarde. Este es uno de los síntomas visuales más comunes que aparecen como consecuencia de los daños por frío junto con la aparición de puntos blancos en la superficie y el aumento de la susceptibilidad a la putrefacción (**Mao y col., 2007 a y b**).



**Figura 86.** Muestras ambiente a los 10 días

A los 19 días se ha desarrollado moho en algunas de las muestras del frigorífico (**figura 87**).



**Figura 87.** Muestras frigorífico a los 19 días.

Al cabo de 4 semanas el aspecto de las muestras es el que se puede ver en la **figura 88**.



**Figura 88.** Muestras ambiente a las 4 semanas.

**Índice de maduración**

Este índice se determina por la relación existente entre los grados brix y la acidez. Los resultados obtenidos durante los 10 días de estudio se muestran en la **tabla 106**:

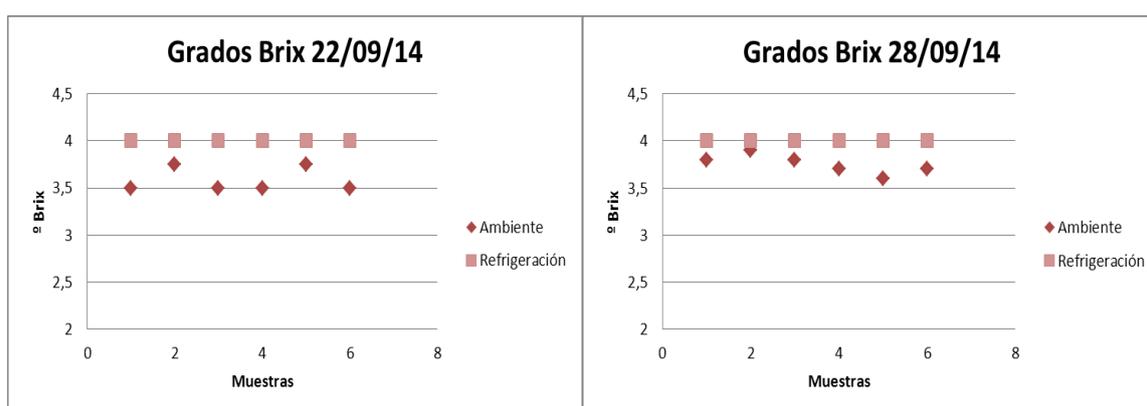
**Tabla 106.** ° Brix, acidez e índice de maduración para las muestras de frigorífico y ambiente.

18/09/2014				
Muestra	°Brix	ml NaOH gastados	Acidez (% ác. Cítrico)	Índice de maduración (brix/acidez)
A1	4	3,3	0,106	37,86
A2	4	3,2	0,102	39,04
A3	3,5	3,4	0,109	32,15
A4	3,5	3,3	0,106	33,12
A5	3,5	3,5	0,112	31,23
A6	3,5	3,5	0,112	31,23
N1	3,5	3,3	0,106	33,12
N2	3,5	3,5	0,112	31,23
N3	3,5	3,2	0,102	34,16
N4	3,5	3,6	0,115	30,36
N5	3,5	3,3	0,106	33,12
N6	3,5	3,5	0,112	31,23
22/09/2014				
Muestra	°Brix	ml NaOH gastados	Acidez (% ác. Cítrico)	Índice de maduración (brix/acidez)
A1	3,5	3,5	0,112	31,23
A2	3,75	3,6	0,115	32,53
A3	3,5	3,5	0,112	31,23
A4	3,5	3,7	0,118	29,54
A5	3,75	3,6	0,115	32,53
A6	3,5	3,5	0,112	31,23
N1	4	2,8	0,090	44,61
N2	4	2,8	0,090	44,61
N3	4	2,7	0,086	46,27
N4	4	2,8	0,090	44,61
N5	4	2,9	0,093	43,08
N6	4	2,8	0,090	44,61
28/09/2014				
Muestra	°Brix	ml NaOH gastados	Acidez (% ác. Cítrico)	Índice de maduración (brix/acidez)
A1	3,8	3,8	0,122	31,23
A2	3,9	3,8	0,122	32,05
A3	3,8	3,7	0,118	32,07
A4	3,7	3,9	0,125	29,63
A5	3,6	3,7	0,118	30,39
A6	3,7	3,8	0,122	30,41
N1	4	2,3	0,074	54,31
N2	4	2	0,064	62,46
N3	4	2,2	0,070	56,78
N4	4	2,1	0,067	59,49
N5	4	2,3	0,074	54,31
N6	4	2	0,064	62,46

Debido al bajo número de muestras, no podemos asegurar la normalidad de las mismas, por ello, en lugar de aplicar la prueba t de student aplicamos una estadística no paramétrica, concretamente la prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes, cuyo objetivo es el mismo, ver si existen diferencias significativas entre los grupos comparados. Como podemos observar en la **tabla 107**, existen diferencias significativas en cuanto a los grados brix entre las muestras de ambiente y frigorífico tanto a los 4 como a los 10 días de conservación con una probabilidad del 95%. Como se puede ver en la **figura 89**, esta diferencia consiste en un mayor contenido de azúcares en el caso de las muestras conservadas en refrigeración en ambos casos. Sin embargo, no existe modificación en cuanto al contenido en grados brix con el paso del tiempo en ninguno de los tipos de conservación, manteniéndose constante, este resultado coincide con el obtenido por **Aular (2007)** en un estudio sobre naranjas, en las cuales tampoco se produce modificación en el contenido en azúcares conforme aumentan los días desde la recepción.

**Tabla 107.** Prueba de Kruskal-Wallis para los grados brix

	Brix 22	Brix 28
Chi-cuadrado	9,900	9,542
gl	1	1
Sig. asintót.	0,002	0,002



**Figura 89.** Grados brix a los 4 y 10 días de conservación

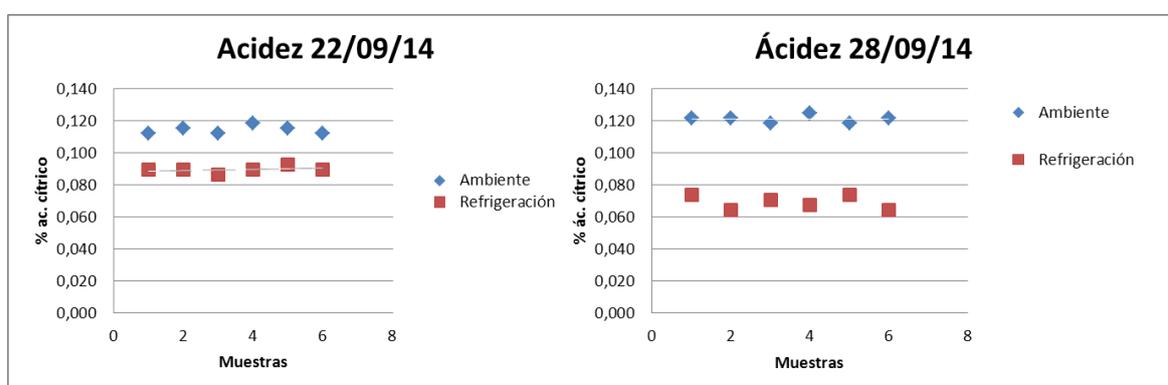
En el caso de la acidez también se encuentran diferencias significativas con un 95% de probabilidad entre ambos tipos de conservación (**tabla 108**), siendo estas

## Resultados

diferencias inversas a la anterior, es decir, la acidez es mayor en el caso de las muestras mantenidas en ambiente, en ambos momentos del tiempo estudiado (**figura 90**).

**Tabla 108.** Prueba de Kruskal-Wallis para la acidez

	Acidez 22	Acidez 28
Chi-cuadrado	8,768	8,516
gl	1	1
Sig. asintót.	,003	,004



**Figura 90.** Acidez a los 4 y 10 días de conservación

Nuestros resultados son contrarios a los obtenidos por **Prono-Widayat y col., (2003)** en un estudio muy similar con pepinos almacenados a ambas temperaturas, los resultados de este estudio indican que las frutas almacenadas a 18 °C (temperatura ambiente) tienen una acidez menor en comparación con las almacenadas a 5°C.

### Evolución en el tiempo

Queremos saber si existen diferencias significativas entre las muestras en las tres etapas de conservación en las que se realizaron las medidas, para ver si con el paso del tiempo ha habido modificación significativa de los grados brix y la acidez, factores determinantes de la maduración. Utilizamos para ello la Prueba de Friedman que es un tipo de estadística no paramétrica utilizada cuando el número de muestras es bajo, se trata de muestras relacionadas ya que comparamos la misma variable en 3 momentos diferentes.

Puesto que anteriormente hemos comprobado que existen diferencias significativas entre ambos tipos de conservación, analizaremos separadamente su evolución en el tiempo.

Tras aplicar esta prueba a la evolución de los grados brix hemos comprobado que en las muestras mantenidas en ambiente que no existen diferencias significativas con el paso del tiempo puesto que el p-valor asociado al estadístico chi-cuadrado es mayor de 0,005, sin embargo, en el caso de las muestras mantenidas en refrigeración si existen diferencias con un 95% de probabilidad, al ser este valor menor de 0,05 (**tabla 109**), esta diferencia consiste en un aumento del contenido de azúcares como podemos ver en la **tabla 33**.

**Tabla 109.** Prueba de Friedman para la evolución de los grados brix en ambiente y refrigeración.

	Brix ambiente	Brix refrigerado
N	6	6
Chi-cuadrado	0,667	12,000
gl	2	2
Sig. asintót.	0,717	0,002

En el caso de la acidez, ambos valores críticos bilaterales asociados al estadístico chi-cuadrado de la prueba de Friedman son menores de 0,005 (**tabla 110**), por lo que podemos afirmar la existencia de diferencias significativas con el paso del tiempo en ambos tipos de conservación.

**Tabla 110.** Prueba de Friedman para la evolución de la acidez en ambiente y refrigeración

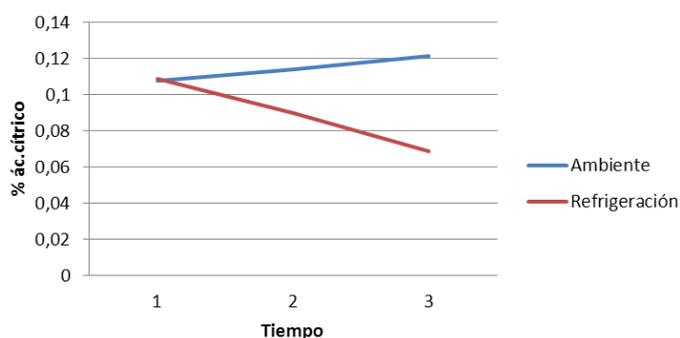
	Brix ambiente	Brix refrigerado
N	6	6
Chi-cuadrado	11,565	12,000
gl	2	2
Sig. asintót.	0,003	0,002

Como podemos ver en la **tabla 111**, estas diferencias consisten en un aumento progresivo de la acidez en el caso de las muestras conservadas en ambiente y una disminución más marcada de la misma en el caso de las mantenidas en refrigeración.

En la **figura 91** se puede observar este comportamiento opuesto.

**Tabla 111.** Acidez media para las distintas muestras.

	Media
Ac_A_18	0,1078
Ac_A_22	0,1140
Ac_A_28	0,1212
Ac_R_18	0,1088
Ac_R_22	0,0898
Ac_R_28	0,0688



**Figura 91.** Evolución de la acidez

Esta disminución de la acidez producida en el almacenamiento a bajas temperaturas coincide con los resultados obtenidos en un trabajo muy reciente realizado por **Selcuk y Erkan (2015)**, en el que el mantenimiento a bajas temperatura de nísperos produce esta misma disminución de la acidez probablemente debido al uso de los ácidos orgánicos en el proceso respiratorio. Igual resultado obtienen **Barboni (2010)** en su estudio sobre el efecto de almacenamiento en frío del kiwi, en el que también se observa este descenso de la acidez.

Las muestras se conservan en refrigeración en buenas condiciones para su consumo durante aproximadamente 5 días más que en ambiente, sin embargo, una vez pasado este tiempo comienzan a presentar daños por frío, siendo los más evidentes un ablandamiento acusado y el aumento de la susceptibilidad al ataque microbiano que podemos ver claramente por el desarrollo de mohos en su superficie. También se produce una infiltración de agua a los espacios intercelulares lo que crea huecos en su superficie. En el interior se crea una textura algodonosa. Todos estos resultados coinciden con el recopilatorio bibliográfico realizado por **Artes (2003)**

donde se analizan los daños por frío de una amplia variedad de frutas y verduras entre las que se encuentra el pepino. También coinciden con los resultados obtenidos por **Qian y col., (2013)** en el que se estudian la dependencia de la maduración con la tolerancia al frío en pepino, en este trabajo se vio que los daños por frío aparecen tras 9 días de almacenamiento a 2°C, este mayor tiempo de conservación probablemente será debido a que la temperatura a la que se mantienen es más baja que la de nuestro estudio. Este último autor concluye que el almacenamiento a bajas temperaturas de los pepinos en avanzado estado de maduración (una vez que son aptos para su consumo) puede prolongar el tiempo de vida media del producto.

En resumen se ha visto que:

- Peso, longitud y diámetro disminuyen con el paso del tiempo. Comienzan a observarse diferencias significativas a los diez días entre ambos tipos de conservación, produciéndose una disminución de estos parámetros más rápida en los conservados a temperatura ambiente. En peso se asocia con una disminución de la firmeza (más acusada en el caso de los mantenidos en ambiente) de la que comienzan a observarse diferencias entre ambos tipos de conservación al quinto día en el extremo y al séptimo en el centro.
- Con el paso del tiempo las muestras refrigeradas mantienen el color verde oscuro inicial, mientras que las de ambiente experimentan un cambio progresivo a amarillo.
- El dulzor no se ve modificado significativamente con el paso del tiempo, manteniéndose entre 3-4 °Brix.
- Al principio del estudio el pH es más básico en las muestras de temperatura ambiente, a partir del noveno día se produce un cambio de tendencia con una mayor acidificación de estas en comparación con las refrigeradas.
- Al no tratarse de frutos climatéricos, no existen diferencias significativas en cuanto a la producción de etileno con el paso del tiempo.
- En el análisis óptico a los dos días se observa la aparición de puntos blancos en ambos tipos de conservación, a los siete días mucosidad en el interior de las muestras conservadas en ambiente y con el paso del tiempo ahuecado y pardeamiento.

#### 4.7. RESULTADOS ANÁLISIS SENSORIAL

##### Panel analítico

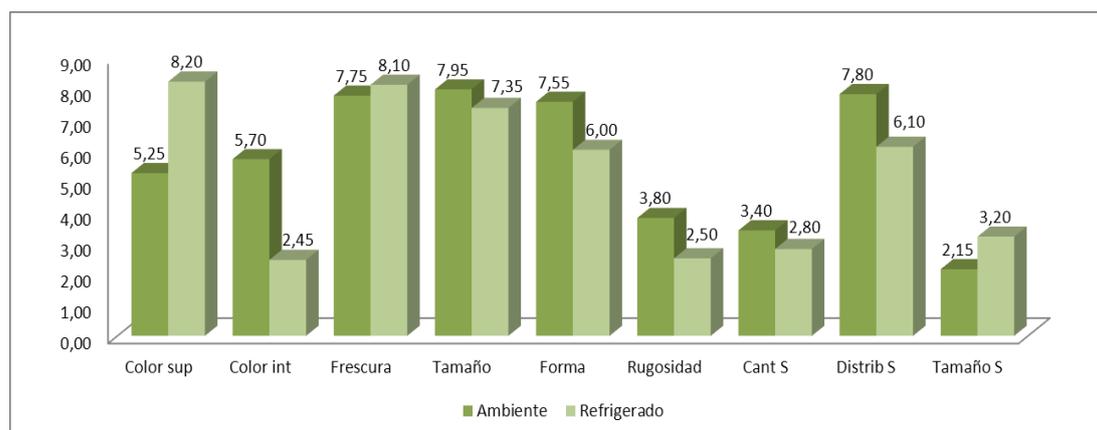
Los resultados encontrados en la valoración organoléptica del pepino en sus distintas fases: visual, olfativa, gustativa y de textura, se recogen en las siguientes tablas y figuras.

El tratamiento estadístico de la **fase visual** de una primera sesión de cata de las muestras P1401 (temperatura ambiente) y P1402 (refrigeración) se muestra en la **tabla 112**.

**Tabla 112.** Análisis estadístico fase visual P1401 y P1402.

MUESTRA	Catador	Color sup	Color int	Frescura	Tamaño	Forma	Rugosidad	Cant Semilla	Distrib Semilla	Tamaño Semilla
P1401	Mediana	5,25	5,70	7,75	7,95	7,55	3,80	3,40	7,80	2,15
	IQR	0,60	0,90	0,60	0,60	1,10	0,55	1,70	0,25	0,65
	S*	0,20	0,29	0,20	0,20	0,36	0,18	0,56	0,08	0,21
	CVr%	3,74	5,17	2,53	2,47	4,77	4,74	16,37	1,05	9,90
	IC sup	5,63	6,28	8,13	8,33	8,26	4,15	4,49	7,96	2,57
	IC inf	4,87	5,12	7,37	7,57	6,84	3,45	2,31	7,64	1,73
P1402	Mediana	8,20	2,45	8,10	7,35	6,00	2,50	2,80	6,10	3,20
	IQR	0,40	0,80	0,50	0,65	0,60	95,00	1,65	0,55	0,55
	S*	0,13	0,26	0,16	0,21	0,20	0,31	0,54	0,18	0,18
	CVr%	1,60	10,69	2,02	2,90	3,27	12,44	19,29	2,95	5,63
	IC sup	8,46	2,96	8,42	7,77	6,38	3,11	3,86	6,45	3,55
	IC inf	7,94	1,94	7,78	6,93	5,62	1,89	1,74	5,75	2,85

En la **figura 92** se muestran la representación gráfica de las medianas de los descriptores correspondientes a la fase visual de las muestras anteriores.



**Figura 92.** Mediana atributos fase visual P1401 y P1402.

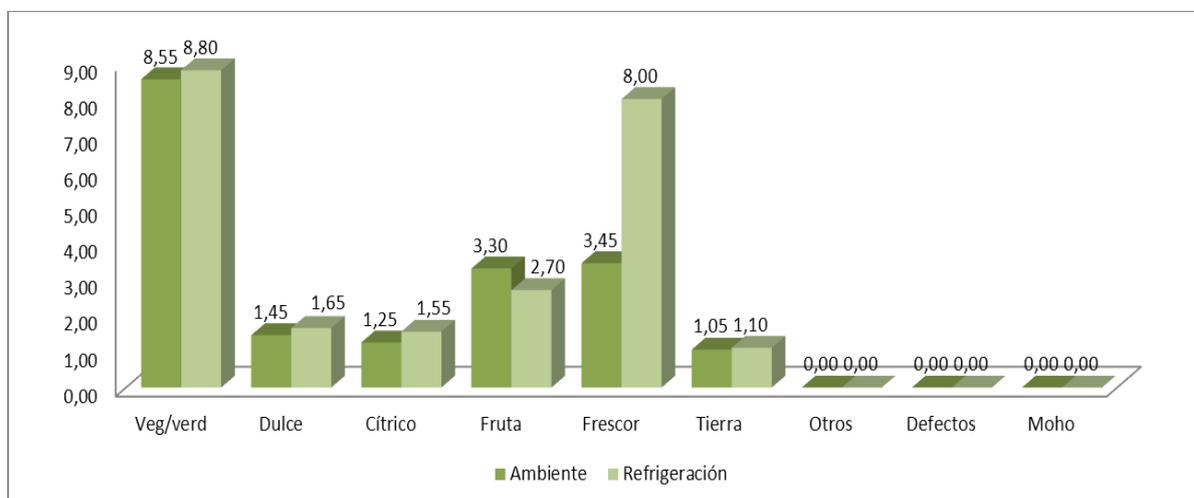
La **fase olfativa** se encuentra recogida en la **tabla 113** y **figura 89**.

En la **tabla 113** se expresan los resultados estadísticos de las muestras P1401 (ambiente) y P1402 (refrigeración) correspondientes a la fase olfativa.

**Tabla 113.** Análisis estadístico fase olfativa P1401 y P1402.

MUESTRA	Catador	Veg/verd	Dulce	Cítrico	Fruta	Frescor	Tierra	Otros	Defectos	Moho
P1401	Mediana	8,55	1,45	1,25	3,30	3,45	1,05	0,00	0,00	0,00
	IQR	0,75	0,70	0,70	1,20	0,55	0,40	0,00	0,00	0,00
	S*	0,25	0,23	0,23	0,39	0,18	0,13	0,00	0,00	0,00
	CVr%	2,87	15,80	18,33	11,90	5,22	12,47	0,00	0,00	0,00
	IC sup	9,03	1,90	1,70	4,07	3,80	1,31	0,00	0,00	0,00
	IC inf	8,07	1,00	0,80	2,53	3,10	0,79	0,00	0,00	0,00
P1402	Mediana	8,80	1,65	1,55	2,70	8,00	1,10	0,00	0,00	0,00
	IQR	0,65	0,65	0,90	1,30	0,70	0,45	0,00	0,00	0,00
	S*	0,21	0,21	0,29	0,43	0,23	0,15	0,00	0,00	0,00
	CVr%	2,42	12,90	19,01	15,76	2,86	13,39	0,00	0,00	0,00
	IC sup	9,22	2,07	2,13	3,53	8,45	1,39	0,00	0,00	0,00
	IC inf	8,38	1,23	0,97	1,87	7,55	0,81	0,00	0,00	0,00

En la **figura 93** se representan gráficamente los descriptores analizados en la fase olfativa de las muestras anteriores.



**Figura 93.** Medianas descriptores fase olfativa P1401 y P1402.

## Resultados

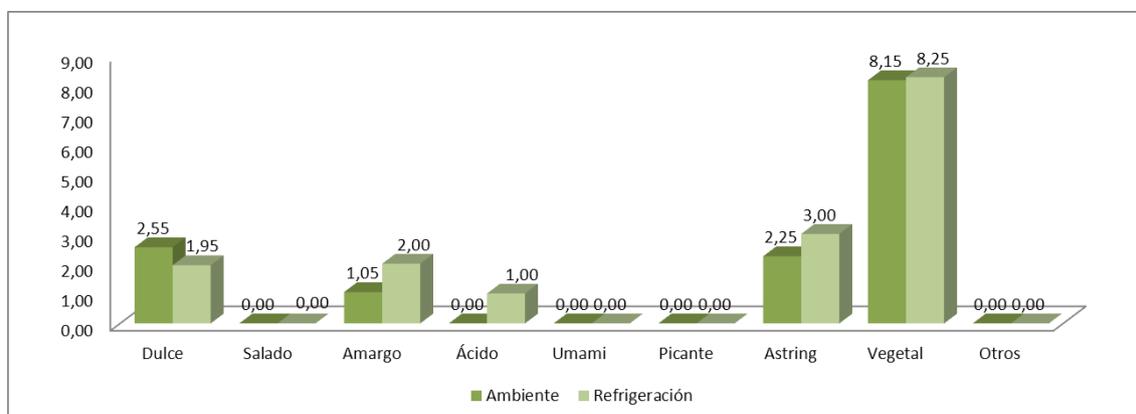
La **tabla 114** y **figura 90**, se recogen los resultados correspondientes a las muestras P1401 (ambiente) y P1402 (refrigeración) de la **fase gustativa**.

En la **tabla 114** aparecen los datos estadísticos de la valoración organoléptica de dichas muestras en la fase gustativa.

**Tabla 114.** Análisis estadístico fase gustativa P1401 y P1402.

MUESTRA	Catador	Dulce	Salado	Amargo	Ácido	Umami	Picante	Astring	Vegetal	Otros
P1401	Mediana	2,55	0,00	1,05	0,00	0,00	0,00	2,25	8,15	0,00
	IQR	1,50	0,00	0,45	0,00	0,00	0,00	1,10	0,70	0,00
	S*	0,49	0,00	0,15	0,00	0,00	0,00	0,36	0,23	0,00
	CVr%	19,26	0,00	14,03	0,00	0,00	0,00	16,00	2,81	0,00
	IC sup	3,51	0,00	1,34	0,00	0,00	0,00	2,96	8,60	0,00
	IC inf	1,59	0,00	0,76	0,00	0,00	0,00	1,54	7,70	0,00
P1402	Mediana	1,95	0,00	2,00	1,00	0,00	0,00	3,00	8,25	0,00
	IQR	0,75	0,00	0,80	0,30	0,00	0,00	0,95	0,55	0,00
	S*	0,25	0,00	0,26	0,10	0,00	0,00	0,31	0,18	0,00
	CVr%	12,59	0,00	13,09	9,82	0,00	0,00	10,37	2,18	0,00
	IC sup	2,43	0,00	2,51	1,19	0,00	0,00	3,61	8,60	0,00
	IC inf	1,47	0,00	1,49	0,81	0,00	0,00	2,39	7,90	0,00

La **figura 94** representa las medianas de los descriptores correspondientes a la fase gustativa de las muestras anteriores.



**Figura 94.** Medianas descriptores fase gustativa P1401 y P1402.

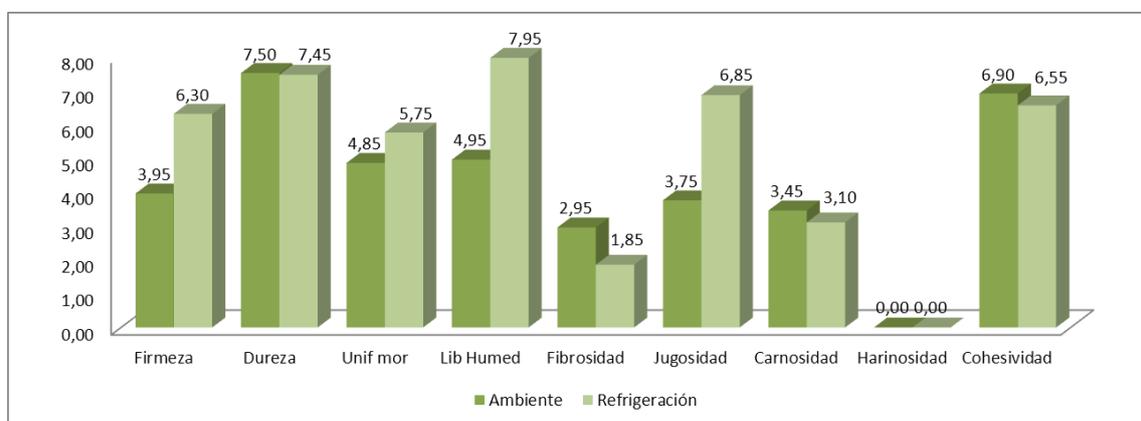
En la **tabla 115** y **figura 91**, se representan los valores encontrados en la valoración organoléptica de las mismas muestras correspondientes a los atributos de **textura**.

La **tabla 115** recoge los resultados del tratamiento estadístico de las muestras.

**Tabla 115.** Análisis estadístico textura P1401 y P1402.

MUESTRA	Catador	Firmeza	Dureza	Unif mor	Lib Humed	Fibrosidad	Jugosidad	Carnosidad	Harinosidad	Cohesividad
P1401	Mediana	3,95	7,50	4,85	4,95	2,95	3,75	3,45	0,00	6,90
	IQR	0,50	0,50	0,65	0,50	1,40	1,10	1,40	0,00	0,75
	S*	0,16	0,16	0,21	0,16	0,46	0,36	0,46	0,00	0,25
	CVr%	4,14	2,18	4,39	3,31	15,54	9,60	13,28	0,00	3,56
	IC sup	4,27	7,82	5,27	5,27	3,85	4,46	4,35	0,00	7,38
	IC inf	3,63	7,18	4,43	4,63	2,05	3,04	2,55	0,00	6,42
P1402	Mediana	6,30	7,45	5,75	7,95	1,85	6,85	3,10	0,00	6,55
	IQR	0,75	0,50	0,95	0,85	1,10	0,80	1,80	0,00	1,60
	S*	0,25	0,16	0,31	0,28	0,36	0,26	0,59	0,00	0,52
	CVr%	3,90	2,20	5,41	3,50	19,46	3,82	19,01	0,00	8,00
	IC sup	6,78	7,77	6,36	8,50	2,56	7,36	4,25	0,00	7,58
	IC inf	5,82	7,13	5,14	7,40	1,14	6,34	1,95	0,00	5,52

En la **figura 95** vemos la representación gráfica de las medianas de los atributos de **textura**.



**Figura 95.** Medianas descriptores textura P1401 y P1402.

Resultados

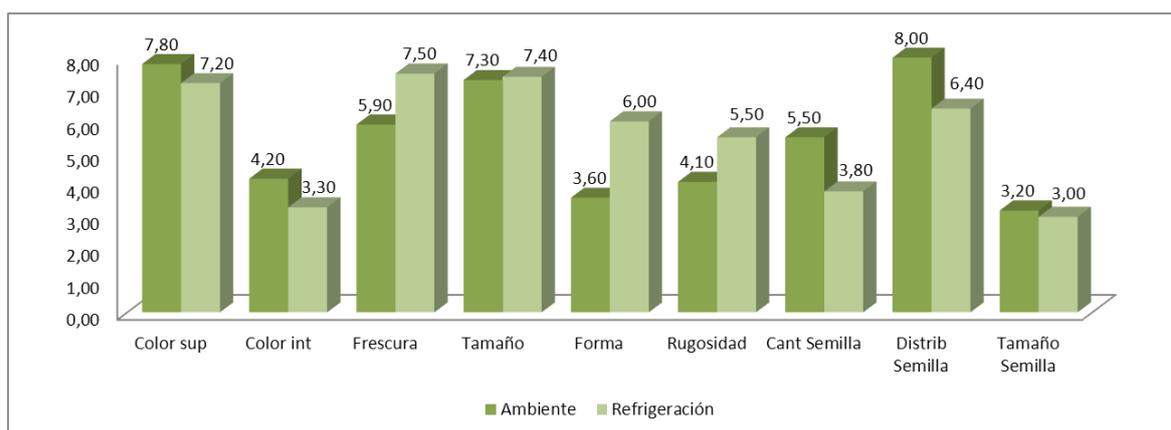
A continuación se muestran los resultados de una segunda sesión de cata en la que las muestras analizadas presentan los siguientes códigos: P1403 (para las muestras mantenidas a temperatura ambiente) y P1404 (para aquellas que se mantienen en refrigeración).

El tratamiento estadístico de la **fase visual** se muestra en la **tabla 116**.

**Tabla 116.** Análisis estadístico fase visual P1403 y P1404.

MUESTRA	Catador	Color sup	Color int	Frescura	Tamaño	Forma	Rugosidad	Cant S	Distrib S	Tamaño S
P1403	Mediana	7,80	4,20	5,90	7,30	3,60	4,10	5,50	8,00	3,20
	IQR	0,55	0,85	0,95	0,90	0,90	0,70	0,65	1,35	0,70
	S*	0,17	0,26	0,29	0,28	0,28	0,22	0,20	0,42	0,22
	CVr%	2,18	6,25	4,97	3,81	7,72	5,27	3,65	5,21	6,75
	IC sup	8,13	4,71	6,47	7,84	4,14	4,52	5,89	8,82	3,62
	IC inf	7,47	3,69	5,33	6,76	3,06	3,68	5,11	7,18	2,78
P1404	Mediana	7,20	3,30	7,50	7,40	6,00	5,50	3,80	6,40	3,00
	IQR	0,45	0,60	0,60	0,65	1,05	0,45	0,60	0,25	0,20
	S*	0,14	0,19	0,19	0,20	0,32	0,14	0,19	0,08	0,06
	CVr%	1,93	5,61	2,47	2,71	5,40	2,53	4,87	1,21	2,06
	IC sup	7,47	3,66	7,86	7,79	6,64	5,77	4,16	6,55	3,12
	IC inf	6,93	2,94	7,14	7,01	5,36	5,23	3,44	6,25	2,88

La **figura 96** representa gráficamente las medianas de los descriptores analizados de la fase visual de las muestras anteriores.



**Figura 96.** Medianas atributos fase visual P1403 y P1404.

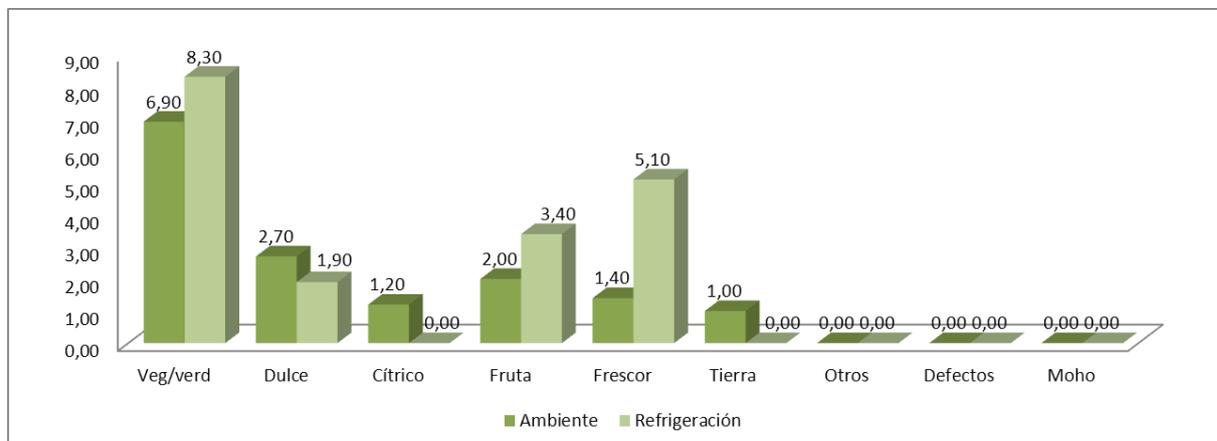
La **fase olfativa** se encuentra recogida en la **tabla 117** y **figura 92**.

En la **tabla 117** se expresan los resultados estadísticos de las muestras P1403 (ambiente) y P1404 (refrigeración) correspondientes a la fase olfativa.

**Tabla 117.** Análisis estadístico fase olfativa P1403 y P1404.

MUESTRA	Catador	Veg/verd	Dulce	Cítrico	Fruta	Frescor	Tierra	Otros	Defectos	Moho
P1403	Mediana	6,90	2,70	1,20	2,00	1,40	1,00	0,00	0,00	0,00
	IQR	0,75	0,45	0,65	0,80	0,60	0,30	0,00	0,00	0,00
	S*	0,23	0,14	0,20	0,25	0,19	0,09	0,00	0,00	0,00
	CVr%	3,35	5,14	16,72	13,35	13,23	9,26	0,00	0,00	0,00
	IC sup	7,35	2,97	1,59	2,48	1,76	1,18	0,00	0,00	0,00
	IC inf	6,45	2,43	0,81	1,52	1,04	0,82	0,00	0,00	0,00
P1404	Mediana	8,30	1,90	0,00	3,40	5,10	0,00	0,00	0,00	0,00
	IQR	0,85	0,90	0,00	0,70	1,70	0,00	0,00	0,00	0,00
	S*	0,26	0,28	0,00	0,22	0,52	0,00	0,00	0,00	0,00
	CVr%	3,16	14,62	0,00	6,35	10,29	0,00	0,00	0,00	0,00
	IC sup	8,81	2,44	0,00	3,82	6,13	0,00	0,00	0,00	0,00
	IC inf	7,79	1,36	0,00	2,98	4,07	0,00	0,00	0,00	0,00

En la **figura 97** se muestra la representación gráfica de los descriptores correspondientes a la fase olfativa de las muestras anteriores.



**Figura 97.** Medianas descriptores fase olfativa P1403 y P1404.

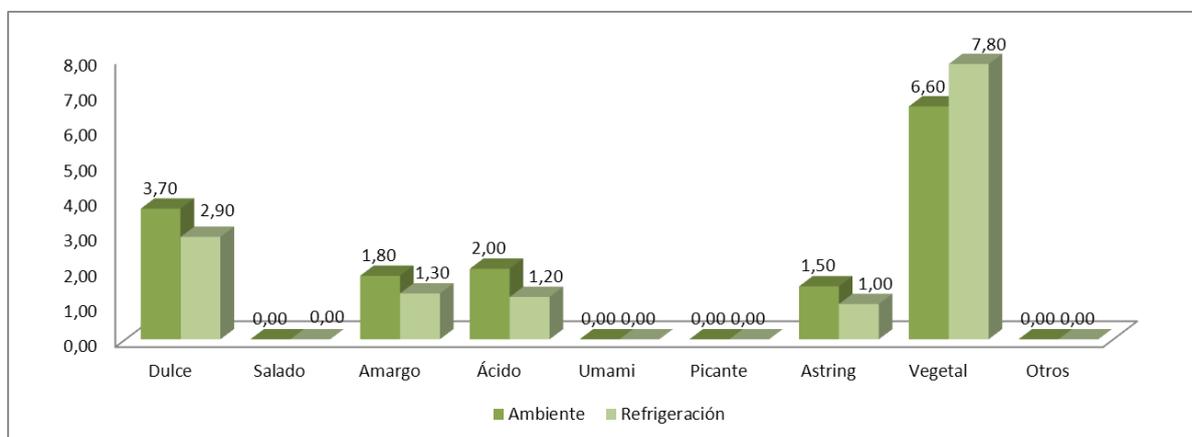
La **tabla 118** y **figura 94**, recogen los resultados correspondientes a las muestras P1403 (ambiente) y P1404 (refrigeración) de la **fase gustativa**.

En la **tabla 118** aparecen los datos estadísticos de la valoración organoléptica de dichas muestras en la fase gustativa.

**Tabla 118.** Análisis estadístico fase gustativa P1403 y P1404.

MUESTRA	Catador	Dulce	Salado	Amargo	Ácido	Umami	Picante	Astring	Vegetal	Otros
P1403	Mediana	3,70	0,00	1,80	2,00	0,00	0,00	1,50	6,60	0,00
	IQR	1,40	0,00	0,90	0,80	0,00	0,00	0,90	1,60	0,00
	S*	0,43	0,00	0,28	0,25	0,00	0,00	0,28	0,49	0,00
	Cvr%	11,68	0,00	15,43	12,35	0,00	0,00	18,52	7,48	0,00
	IC sup	4,55	0,00	2,34	2,48	0,00	0,00	2,04	7,57	0,00
	IC inf	2,85	0,00	1,26	1,52	0,00	0,00	0,96	5,63	0,00
P1404	Mediana	2,90	0,00	1,30	1,20	0,00	0,00	1,00	7,80	0,00
	IQR	0,95	0,00	0,45	0,55	0,00	0,00	0,45	1,15	0,00
	S*	0,29	0,00	0,14	0,17	0,00	0,00	0,14	0,35	0,00
	Cvr%	10,11	0,00	10,68	14,15	0,00	0,00	13,89	4,55	0,00
	IC sup	3,47	0,00	1,57	1,53	0,00	0,00	1,27	8,50	0,00
	IC inf	2,33	0,00	1,03	0,87	0,00	0,00	0,73	7,10	0,00

La **figura 98** recoge la mediana de los descriptores correspondientes a la fase gustativa de las muestras anteriores.



**Figura 98.** Medianas descriptores fase gustativa P1403 y P1404.

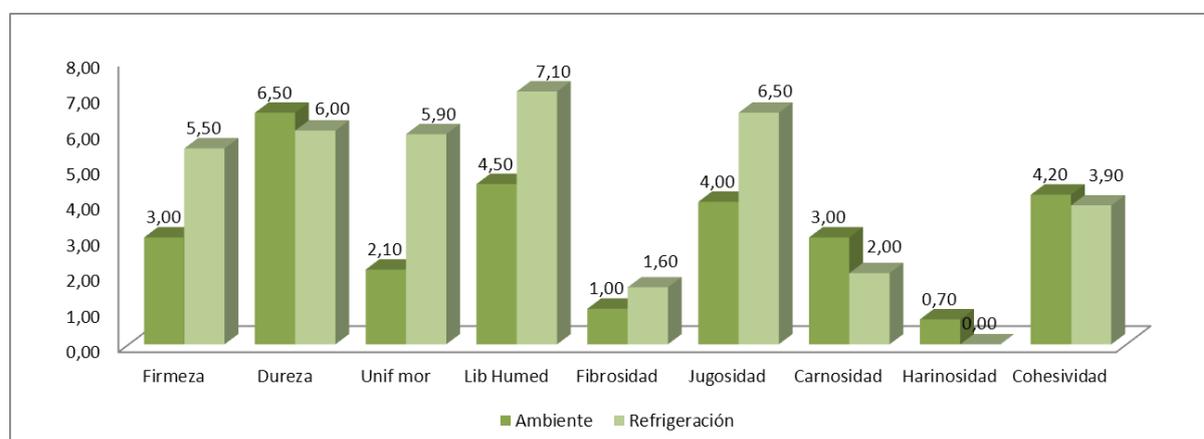
En la **tabla 119** y **figura 95**, se representan los valores encontrados en la valoración organoléptica de las mismas muestras correspondientes a los atributos de **textura**.

La **tabla 119** muestra los resultados del tratamiento estadístico de estas muestras.

**Tabla 119.** Análisis estadístico textura P1403 y P1404.

MUESTRA	Catador	Firmeza	Dureza	Unif mor	Lib Humed	Fibrosidad	Jugosidad	Carnosidad	Harinosidad	Cohesividad
P1403	Mediana	3,00	6,50	2,10	4,50	1,00	4,00	3,00	0,70	4,20
	IQR	0,70	0,55	0,40	0,95	0,50	0,55	0,85	0,20	1,45
	S*	0,22	0,17	0,12	0,29	0,15	0,17	0,26	0,06	0,45
	CVr%	7,20	2,61	5,88	6,52	15,43	4,24	8,74	8,82	10,66
	IC sup	3,42	6,83	2,34	5,07	1,30	4,33	3,51	0,82	5,08
	IC inf	2,58	6,17	1,86	3,93	0,70	3,67	2,49	0,58	3,32
P1404	Mediana	5,50	6,00	5,90	7,10	1,60	6,50	2,00	0,00	3,90
	IQR	0,75	0,40	1,00	1,05	0,25	1,65	0,55	0,00	1,10
	S*	0,23	0,12	0,31	0,32	0,08	0,51	0,17	0,00	0,34
	CVr%	4,21	2,06	5,23	4,56	4,82	7,83	8,49	0,00	8,71
	IC sup	5,95	6,24	6,50	7,74	1,75	7,50	2,33	0,00	4,57
	IC inf	5,05	5,76	5,30	6,46	1,45	5,50	1,67	0,00	3,23

En la **figura 99** vemos la representación gráfica de las medianas de los atributos de textura.



**Figura 99.** Medianas descriptores textura P1403 y P1404.

Tras el análisis sensorial de las muestras vemos que en la fase visual de la muestra refrigerada, el descriptor frescura aparece más acentuado, siendo el resto bastante similar entre ambos tipos de conservación. Estos resultados coinciden con el estudio realizado por **Borgues y col., (2004)**, en el que tampoco se encontraron diferencias significativas en cuanto al color de brócoli y coliflor mantenidas en fresco y ultracongeladas.

En la fase olfativa son los atributos vegetal/verde y frescor los que se presentan en mayor medida en las muestras refrigeradas.

En la fase gustativa destaca por encima de todos los demás, el descriptor vegetal que se percibe ligeramente superior en el caso de las muestras refrigeradas, también destaca aunque en menor medida el sabor dulce, siendo en este caso superior en el caso de las muestras mantenidas a temperatura ambiente. **Sánchez-Palomo y col., (2012)**, en un trabajo realizado en melón encuentran en el perfil gustativo elevadas intensidades de gusto dulce con notas a miel, pepino, fruta madura y verde y una calidad del postgusto elevada, descriptores importantes para establecer el perfil sensorial.

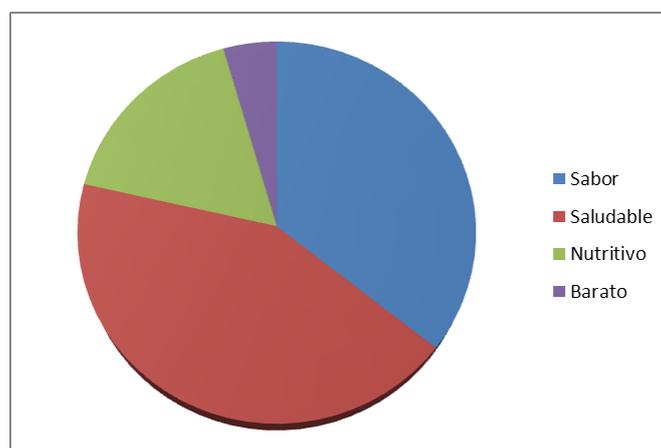
En lo que se refiere a la textura, se aprecia una mayor jugosidad y liberación de humedad en el caso de las muestras refrigeradas frente a las mantenidas a temperatura ambiente. El descriptor de firmeza también aparece con mayor intensidad en las muestras refrigeradas. Diferentes autores (**Altisent y col., 2011; Harker y col., 2002**) señalan que el panel analítico es un método muy indicado para detectar diferencias significativas en distintos atributos de textura y ponen de manifiesto que las diferencias de firmeza son detectadas por los sentidos aunque sean de baja intensidad. El perfil de textura encontrado por **Sánchez-Palomo y col., (2012)**, resulta muy equilibrado con una intensidad media en los descriptores estudiados.

Al comparar los resultados del análisis sensorial realizado en muestras de pepino mantenidas 6 días a temperatura ambiente y refrigerada, se ha podido comprobar que en este periodo de tiempo, en ninguna de las muestras se han encontrado atributos negativos, por lo que se mantiene una adecuada calidad sensorial para su consumo.

### Panel de consumidores

La cata de consumidores se realizó a un total de 130 personas. El 53% de la muestra estaba compuesto por mujeres y el 47 % por hombres. En cuanto al rango de edad de mayor participación (39,2%) se encuentra comprendido entre los 30 y 49 años, seguido del rango de 20 a 29 con un porcentaje de 30,8 %, seguido por un 20,8% de población entre 7 y 19 años y por último un pequeño porcentaje del 9,2 % correspondientes a las edades comprendidas entre 50 y 68 años.

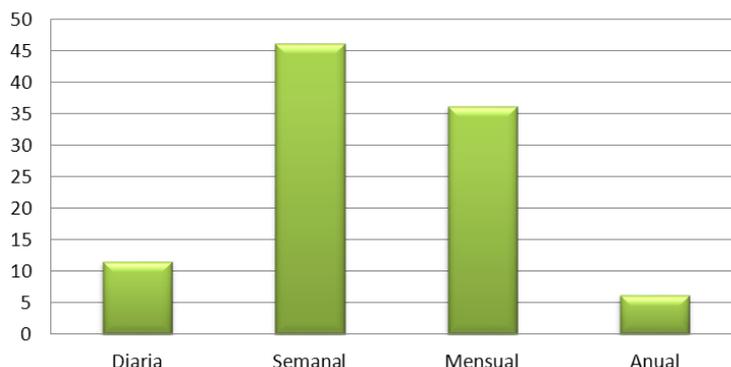
Los resultados correspondientes a las razones de consumo (**figura 100**) ponen de manifiesto que la principal razón para el consumo es por asociarse con ser un producto saludable (96 de 130), una elevada proporción de los encuestados también manifiesta que lo elige porque le gusta su sabor (80 de 130), una proporción más pequeña lo elige por ser nutritivo (38 de 130) y un mínimo lo escoge por su precio (10 de 130). Estos resultados coinciden con una acta hedónica realizada con un nuevo producto a base de espárrago realizada por **Salgado y col., (2014)** en la que se señala que la razón por la que este se consume principalmente es por ser saludable por encima del sabor, lo que nos indica que los productos vegetales tienen una elevada consideración de ser saludables.



**Figura 100.** Razones de consumo del pepino fresco.

En cuanto a la frecuencia de consumo, como podemos ver en la **figura 101**, hay un elevado porcentaje que lo consume semanalmente (46,2%), un porcentaje bastante alto que lo consume mensualmente (36,2%). El resto se reparte entre los que los consumidores más frecuentes que lo toman a diario (11,5%) y aquellos que solo

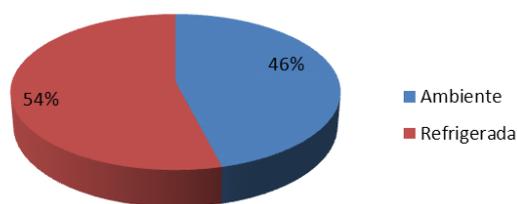
anualmente, durante la época veraniega según pusieron de manifiesto durante la cata (6,2%).



**Figura 101.** Frecuencia de consumo

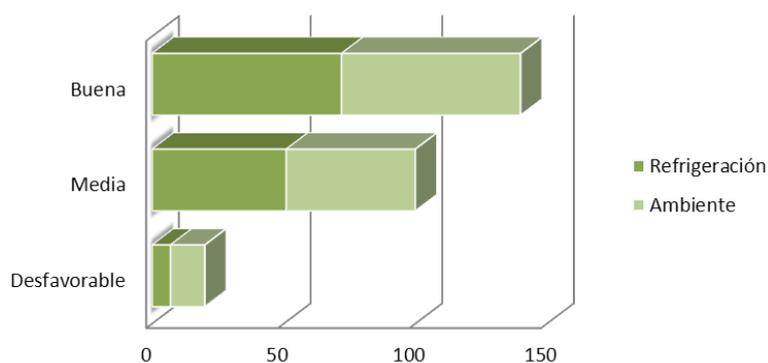
Durante el transcurso de la cata hedónica algunos consumidores manifestaron la dificultad a la hora de elegir las muestras puesto que les parecían muy semejantes, sin embargo, otras personas nada más probarlo decían que tenían muy claro cuál preferían. A la hora de elegir una muestra u otra los comentarios más destacados eran la elección de la muestra 1 (ambiente) porque al tener menos agua el sabor era más fuerte y notable; por el contrario, los que eligieron la muestra 2 (refrigerada) solían comentar que su elección era debida a que la muestra estaba más jugosa (menos seca) por lo que percibían que era más fresco. Por otra parte, también cabe destacar que una elevada proporción de las personas que habían elegido la muestra 1 comentaron tener campo de cultivo y consumir con elevada frecuencia este producto en fresco, por lo que la muestra uno les parecía más similar a lo que ellos estaban acostumbrados a consumir, mientras que el refrigerado no les sabía “natural”.

En la **figura 102** se muestran los resultados correspondientes a la preferencia de los dos modos de conservación. Los resultados son muy similares para ambos, siendo ligeramente superior la preferencia por las muestras mantenidas en refrigeración con un 54%. Estos resultados coinciden con la cata de consumidores realizada por **Altisent y col., (2011)**, en la que el grado de preferencia de los consumidores hacia manzanas Golden en diferentes condiciones de almacenamiento en cámaras de aire frío y a temperatura ambiente es muy similar. Esto sugiere que las condiciones de almacenamiento utilizadas no causan diferencias significativas que puedan ser detectadas por los consumidores.



**Figura 102.** Resultados preferencia

Por último, la **figura 103** muestra la valoración global del consumidor hacia las dos muestras catadas. En ella podemos ver que la mayoría de los consumidores otorga una valoración buena a ambas muestras (53,8 %) en un proporción muy similar (72 en refrigeración frente a 68 en ambiente). Una proporción más baja de los encuestados (38, 5%) les da una valoración global media prácticamente igual en ambos casos (51 en refrigeración frente a 49 en ambiente). Por último, una baja proporción (7,7%) califica las muestras como desfavorables, siendo en este caso superior en el caso de ambiente (13 ambiente frente a 7 en refrigeración).

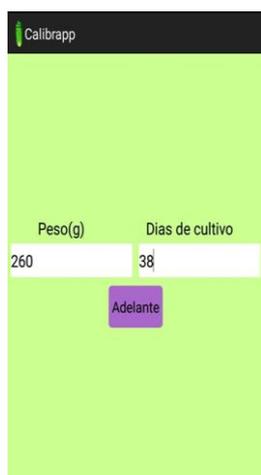


**Figura 103.** Valoración global de las muestras

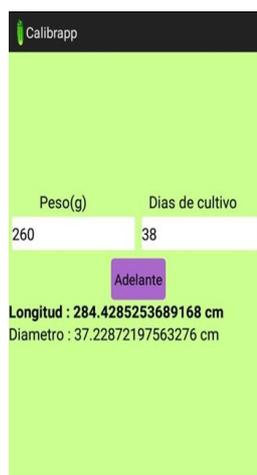
#### 4.8. APLICACIÓN MÓVIL. PUESTA EN MARCHA

Se ha desarrollado una aplicación para móviles y tablets con sistema Android que permite la determinación de la longitud y diámetro del pepino a partir del peso y teniendo en cuenta los días de cultivo, utilizando para ello las ecuaciones predictivas mostradas en el apartado 4.3 de esta memoria. La obtención directa de estas medidas es útil de cara a su clasificación en las distintas categorías que marcan su calidad del producto, ya que así puede hacerse de una forma más rápida y sencilla que utilizando un calibre que es como se viene realizando actualmente. Otra ventaja del sistema que se propone es una recolección selectiva de productos homogéneos en su fecha óptima evitando el destrío con su consecuente pérdida económica. Estas medidas pueden efectuarse en cualquier momento y lugar, sin necesidad de conexión a Internet. Esto puede ser útil para facilitar el trabajo de las empresas productoras y distribuidoras de estos productos, así como de los particulares que lleven a cabo el cultivo en invernaderos o al aire libre.

En la **figura 104** podemos ver la pantalla de inicio de esta aplicación en la que encontramos un cuadro donde meter el peso en gramos del pepino y otro en el que poner los días de cultivo. Una vez incorporados estos datos le damos a “Adelante” y obtenemos automáticamente los resultados de longitud y diámetro como puede verse en la **figura 105**.

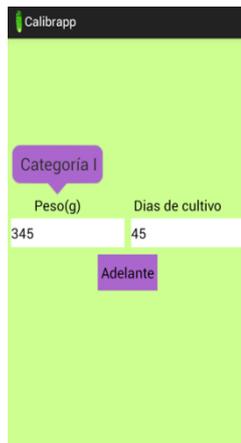


**Figura 104.** Pantalla inicio aplicación

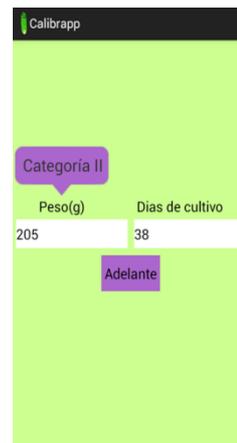


**Figura 105.** Resultados de longitud y diámetro.

Por otra parte, la aplicación también marca automáticamente la categoría a la que pertenece el fruto una vez que hemos incorporado el peso, esta aparece dentro de un globo justo encima del peso, pudiéndose hacer su clasificación en una y otra de una forma mucho más rápida (**figuras 106 y 107**). Los pesos según los cuales los pepinos pertenecen a una categoría u otra se detallan en el apartado 3.3 de esta memoria.



**Figura 106.** Ejemplo de categoría I.



**Figura 107.** Ejemplo de categoría II



## **5. CONCLUSIONES**



## 5. CONCLUSIONES

1. Se ha comprobado que al realizar el cultivo biofortificado con potasio en plántulas, se consigue una mayor concentración de este elemento durante todo el periodo de cultivo, mientras que en el cultivo procedente de semillas habría que esperar 90 días para conseguir una concentración igual a la detectada en plántula, por ello se recomienda realizar la biofortificación de cultivos a partir de plántulas.
2. La cantidad de sulfato potásico más adecuada para conseguir un mayor aporte de potasio en el pepino final son 0,014 mg/L.
3. Existe una ecuación predictiva del contenido final de potasio de los pepinos que resulta ser significativa a los 60 días de cultivo procedente de semillas.
4. Analizados los comportamientos de las relaciones peso-longitud y peso-diámetro, podemos indicar que existen ecuaciones de correlación fiables para predecir la longitud y el diámetro a partir del peso con un margen de error muy pequeño (1%).
5. A diferencia de lo que ocurría con el potasio, en el caso del sodio no existen diferencias significativas entre los pepinos procedentes de semilla y plántula. Tampoco existen diferencias en cuanto al contenido en sodio en relación a las distintas concentraciones de sulfato potásico añadidas, encontrándose solo un ligero aumento del sodio con el paso del tiempo.
6. El almacenamiento de los pepinos a bajas temperaturas (6-7°C) con una humedad relativa alta (80%), limita la pérdida de la mayoría de los parámetros de calidad del pepino sin mostrar daños por frío. Los pepinos así conservados se mantienen en mejores condiciones comparados con los de ambiente durante una semana, pero una vez transcurrido este tiempo, se modifican las características analizadas, disminuyendo su calidad.

7. La evaluación organoléptica realizada por un panel analítico de las muestras mantenidas a temperatura ambiente y refrigeradas durante 6 días, nos permite apreciar intensidades más elevadas en los atributos de frescura en la fase visual; vegetal/verde y frescor en la olfativa; vegetal en la gustativa y, por último, jugosidad y liberación de humedad en lo correspondiente a la textura. Las pruebas realizadas con panel de consumidores manifiestan la preferencia por las muestras mantenidas en refrigeración, que junto con los resultados de panel analítico, mecánicos y fisicoquímicos, ponen de manifiesto que la conservación en refrigeración de este alimento mantiene la calidad sensorial y prolonga su vida útil.
  
8. Se ha desarrollado una aplicación móvil que permite predecir el tamaño que tendrán los frutos de una forma fácil y sencilla, en cualquier momento y lugar, de cara a su clasificación en las categorías que marcan su calidad, determinando el peso podemos saber directamente la longitud y diámetro. También permite realizar esta medida del fruto directamente desde la planta antes de la recolección, estableciendo así el momento óptimo de la recolección y evitando posibles destríos con su consecuente pérdida económica.

## **6. BIBLIOGRAFÍA**



## 6. BIBLIOGRAFÍA

- Aaron KJ and Sanders PW. Role of Dietary Salt and Potassium Intake in Cardiovascular Health and Disease: A Review of the Evidence. *Mayo Clin Proc.* 2013; 88(9): 987-995.
- Ahumada M and Cantwell M. Postharvest studies on pepino dulce (*Solanum muricatum* Ait.): maturity at harvest and storage behaviour. *Postharvest Biol. Technol.* 1996; 7: 129-136.
- Altisent R, Graell J, Lara I, López L, and Echeverría G. Comparison of the Volatile Profile and Sensory Analysis of 'Golden Reinders' Apples after the Application of a Cold Air Period after Ultralow Oxygen (ULO) Storage. *Journal of Agricultural and food Chemistry.* 2011, 59: 6193–6201.
- Ancos B. Iniciación a la cata de productos vegetales. Curso de análisis sensorial de alimentos. Instituto del frío. CSIC. 2011; pp: 68-71.
- Anzaldúa-Morales A. La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y en la práctica. Editorial Acribia. 2005. 198 p.
- Aronow WS, Fleg JL, Pepine CJ et al. Expert consensus document on hypertension in the elderly: a report of the American College of Cardiology Foundation Task Force on Clinical Expert Consensus documents developed in collaboration with the American Academy of Neurology American Geriatrics Society American Society for Preventive Cardiology American Society of Hypertension American Society of Nephrology Association of Black Cardiologists and European Society of Hypertension. *J Am Coll Cardiol.* 2011; 57(20): 2037-2114.
- Artes F. Daños por frío en la postrecolección de frutas y hortalizas. *Avances en ciencias y técnicas del frío.* Editorial UPCT. 2003; p. 299-310.
- Asensio CM. Los plásticos en agricultura. Producción de materias primas alimentarias: I Material Vegetal. Universidad de Granada. 2012; 13: 167-176.

## *Bibliografía*

- Asociación Española de Normalización y Certificación, AENOR. Análisis sensorial. Metodología. Métodos para establecer el perfil olfato-gustativo. (UNE 87014:1992). 2º Ed. Madrid. Editorial AENOR. 2010, pp: 91-98.
- Asociación Española de Normalización y Certificación, AENOR. Análisis sensorial. Metodología. Perfil de textura. (UNE 87025:1996). 2º Ed. Madrid. Editorial AENOR. 2010, pp: 99-119.
- Asociación Española de Normalización y Certificación, AENOR. Análisis sensorial. Metodología. Guía general. (ISO 6658:2005). 2º Ed. Madrid. Editorial AENOR. 2010, pp: 211-238.
- Asociación Española de Normalización y Certificación, AENOR. Análisis sensorial. Directrices para la utilización de escalas de respuestas cuantitativas. (ISO 4121:2006). 2º Ed. Madrid. Editorial AENOR. 2010, pp: 195-209.
- Asociación Española de Normalización y Certificación, AENOR. Análisis sensorial de alimentos. Vocabulario. (ISO 5492:2008). 2º Ed. Madrid. Editorial AENOR. 2010, pp: 15-50.
- Aular J. Calidad de la naranja proveniente de Yumare Venezuela y su evolución en el período de zafra. *Bioagro*. 2007; 19 (3): 169-174.
- Azcon BJ y Talón M. Fundamentos de fisiología vegetal. 2ª (Ed.). México DF; McGraw-Hill. 2003. 651 p.
- Bañuelos GS, Arroyo I, Pickering IJ, Yang SI y Freeman JL. Selenium biofortification of broccoli and carrots grown in soil amended with Se-enriched hyperaccumulator *Stanleya pinnata*. *Food chemistry*. 2015; 166: 603-608.
- Barboni T, Cannac M, Chiamonti N. Effect of cold storage and ozone treatment on physicochemical parameters. *Food Chemistry*. 2010; 121: 946–951.
- Bárcenas P. El panel de catadores. En: Análisis sensorial de Alimentos. Métodos y Aplicaciones. Editorial Springer. 2001; pp: 73-89.

- Borgues RM; Von Atzingen MC and Machado ME. Análisis sensorial y del ácido ascórbico de hortalizas en fresco y ultracongeladas. Cienc Tecnol Alim. 2004; 4 (4): 240-245.
- Briz J y García R. Análisis sensorial de productos alimentarios. Metodología y aplicación a casos prácticos. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. 2ª edición. 2004. 348 p.
- Carvajal KJ, Suntasig S, Fernando C. Análisis comparativo entre las plataformas de desarrollo de aplicaciones móviles para los sistemas operativos Android y ios. 2013. Tesis doctoral. Disponible en:  
<http://hdl.handle.net/123456789/2552>
- Casaca AD. Guías tecnológicas de frutas y vegetales. Banco Interamericano de desarrollo. SAG (Secretariado de Agricultura y Ganadería). 2005. Capítulo 15, El cultivo del pepino. 13 p.
- Camacho F. Técnicas de producción en cultivos protegidos. Tomo II. Instituto Cajamar. Almería. 2003. 401 p.
- Candolle De. Alphonse. Origin of cultivated plants. D. Appleton. 1885.
- Chunlu Q, Zhiping H, Yuying Z, Hongbo M, Xiaohong C and Linchun M. Maturity-dependent chilling tolerance regulated by the antioxidative capacity in postharvest cucumber (*Cucumis sativus* L.) fruits. J Sci Food Agric. 2013; 93: 626–633.
- Columela LIM. De cultu hortorum. Traducción y arreglo de Manuel Fernández Galiano. Madrid. Ediciones de Arte y Bibliografía. 1975. 94 p.
- Color Schemer: <http://www.colorschemer.com/online.html>
- Consenso de Copenhague. 2008. Disponible en:  
<http://www.copenhagenconsensus.com>

## Bibliografía

- Cortés M, Martelo Y.J, Rodríguez E. Valoración de atributos de calidad en pepino (*cucumis sativus* L.) fortificado con vitamina E. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*. 2011; 9(1): 24 – 34.
- De la Rosa G, López-Moreno ML, De Haro D, Botez CE, Peralta-Videa JR, and Gardea-Torresdey J. Effects of ZnO nanoparticles in alfalfa, tomato and cucumber at the germination stage: Root development and X-ray absorption spectroscopy studies. *Pure Appl. Chem*. 2013; 85 (12): 2161–2174.
- Díaz-Pérez JC. Transpiration rates in eggplant fruit as affected by fruit and calyx size. *Postharvest Biol. Technol*. 1998; 13: 45-49.
- Diehl DC, Sloan NL, Bruhn CM, Simonne AH, Brecht JK, Mitcham EJ. Exploring produce industry attitudes: Relationships between postharvest handling, fruit flavor, and consumer purchasing. *HortTechnology*. 2013; 23 (5): 642-650.
- Dietary reference intakes for water, potassium, sodium chloride and sulphate. Washington DC: National Academies Press. 2005. Capítulo 5, Potassium; p. 186-268.
- Donfrancesco C, Ippolito R, Lo Noce C, Palmieri L, Lacone R, Russo O et al. Excess dietary sodium and inadequate potassium intake in Italy: results of the MINISAL study. *Nutr Met Cardiovasc Dis*. 2013; 23: 850–856.
- Drewnowski A, Rehm CD, Maillot M and Monsivais P. The relation of potassium and sodium intakes to diet cost among US adults. *Journal of Human Hypertension*. 2014; 1–8.
- El Mundo, edición digital. Noticia de la sección El Navegante, publicada el 5 de noviembre de 2007. Disponible en: <http://www.elmundo.es/navegante/2007/11/05/tecnologia/1194284462.html>
- Elliot P. Salt and Blood pressure. *Hypertension primer*. Dallas. American Heart Association/Council on High Blood Pressure Research. 2003; p. 277-279.

- Ersin I y Simsek M. Ameliorative effects of potassium and calcium on the salinity stress in embryo culture of cucumber (*Cucumis sativus*). *Journal of Biological Sciences*. 2004; 4 (3): 361-365.
- FAOSTAT. 2013. Disponible en: <http://www.fao.org/corp/statistics/es/>
- Fahad A-J, Kashif G and Elfadil E.B. Effect of gum arabic edible coating on weight loss firmness and sensory characteristics of cucumber (*cucumis sativus* L.) fruit during storage. *Pak. J. Bot.* 2012; 44(4): 1439-1444.
- Fernández-Trujillo JP, Martínez JA. Ultrastructure of the onset of chilling injury in cucumber fruit. *Journal of Applied Botany and Food Quality*. 2006; 80: 100 – 110.
- Fuentes Yague JL. *El suelo y los fertilizantes*. Madrid. Ed. Mundiprensa. 1994. 327 p.
- Funamoto YN, Yamauchi T, Shigenaga, Shigyo M. Effects of heat treatment on chlorophyll degrading enzymes in stored broccoli (*Brassica oleraceae* L.). *Postharvest Biol. Technol.* 2002; 24: 163-170.
- Gao HM and Liu YC. Conceptual design of mobile data collection system for traceability in agriculture. *Applied Mechanics and Materials*. 2014, 513: 1131-1134.
- García Morales S. *Respuestas agronómicas y fisiológicas del pepino a distintas concentraciones de cloruro sódico*. Tesis Doctoral. México. 2007. 148 p.
- Gil Hernandez A. *Tratado de Nutrición*. Tomos I y III. Ed. Madrid. Acción Médica. 2005. 1294 p (tomo I) y 719 p (tomo III).
- Graham RD, Welch RM, Saunders DA, Ortiz-Monasterio I, Bouis HE, Bonierbale M, de Haan S, Burgos G, Thiele G, Liria R et al. Nutritious subsistence food systems. *Advances in Agronomy*. 2007; 92: 1–74.

## *Bibliografía*

- Haoge Ma and Wei Li. The Food Traceability System Based on the Two dimensional Code of Mobile Phone. Cross Strait Quad-Regional Radio Science and Wireless Technology Conference. 2011.
- Harker FR and Johnston JW. Importance of texture in fruit and its interaction with flavour. In *Fruit and Vegetable Flavour: Recent Advances and Future Prospects*; Brückner, B., Wyllie, S. G., Eds.; CRC Press: Boca Raton, FL, 2008; pp 132-149.
- Harker FR; Maindonald J; Murray SH; Gunson FA; Hallett IC; Walker SB. Sensory interpretation of instrumental measurements. 1: Texture of apple fruit. *Postharvest Biol. Technol.* 2002; 24, 225–239.
- He FJ, MacGregor GA. Beneficial effects of potassium on human health. *Physiol Plant.* 2008; 133(4):725-735.
- He FJ, Marciniak M, Carney C et al. Effects of potassium chloride and potassium bicarbonate on endothelial function cardiovascular risk factors and bone turnover in mild hypertensives. *Hypertension.* 2010; 55(3): 681-688.
- Hernán L y Valenzuela A. Equilibrio sodio-potasio en la regulación de la hipertensión arterial. *Medwave.* 2012; 12(2):e5301.
- Heyes JA, Blaikie FH, Downs CG and Sealey DF. Textural and physiological changes during pepino (*Solanum muricatum* Ait.) ripening. *Sci. Hort.* 1994; 58 (1): 15 p.
- Higdon J. Micronutrient Information Center. Linus Pauling Institute. Oregon State University. 2004. Disponible en: <http://lpi.oregonstate.edu/infocenter/minerals/potassium/>
- Huyskens-Keil S, Widayat H.P, Lüdders P, Schreiner M and Peters P. Physiological changes in pepino fruits during ripening. *Acta Hort.* 2000; 531: 251-255.

- Ibáñez FC. Parámetros y medidas del análisis sensorial. En: Análisis sensorial de Alimentos. Métodos y Aplicaciones. Editorial Springer. 2001; pp: 1-13.
- Illescas J.L, Bacho O, Ferrer S. Frutas y Hortalizas. Guía Práctica. Madrid. MERCASA. 2008. 221 pp.
- Jingying T, Dan J and Qing W. Experimental Study on the Quality of Dutch Cucumber in Storage. Computer and Computing Technologies in Agriculture IV. 2011; 346: 347–356.
- Kader A. Postcosecha. Postharvest Technology of Horticultural Crops. Agriculture and Natural Resources. 3<sup>th</sup> ed. University of California; 2002. 537 p.
- Kader A. Flavor quality of fruits and vegetables. Journal of the Science of Food and Agriculture. 2008; 88 (11): 1863-1868.
- Kang HM, Park KW, Saltveit ME. Elevated growing temperatures during the day improve the postharvest chilling tolerance of greenhouse-grown cucumber (*Cucumis sativus*) fruit. Postharvest Biol Technol. 2002; 24: 49-57.
- Kaya C, Kirnak H, Higgs D. Effects of supplementary potassium and phosphorus on physiological development and mineral nutrition of cucumber and pepper cultivars grown at high salinity (NaCl). Journal of plant nutrition. 2001; 24(9): 1457-1471.
- Kays S. Preharvest factors affecting appearance. Postharvest Biol Technol. 1999; 15: 233-247.
- Lehninger L. A. Bioquímica. Las bases moleculares de la estructura y función celular. Calvet P. F. y Bozal F. J. (Eds.). Barcelona. Ediciones Omega S. A. 1995. 1117 p.
- Lenoir-Wijnkoop I, Jones PJ, Uauy R, Segal L and Milner J. Nutrition economics – food as an ally of public health. British Journal of Nutrition. 2013; 109: 777–784.

## Bibliografía

- Macías Garrido E, García Frade F. Hipopotasemia en pacientes hospitalizados. *Med Int Mex.* 2008; 24: 3-7.
- Makoto K, Masato N, Nao I, Takahiro H, Masahito Y, Yuichi U, Yuko MS, Takayuki D, Tsutomu N, Shigenori K and Ikuo I. Epigallocatechin Gallate Decreases the Micellar Solubility of Cholesterol via Specific Interaction with Phosphatidylcholine. *J. Agric. Food Chem.* 2014; 62: 2881–2890.
- Mao LC, Wang GZ, Zhu CG, Pang HQ. Involvement of phospholipase D and lipoxygenase in response to chilling stress in postharvest cucumber fruits. *Plant Sci.* 2007 a; 172: 400–405.
- Mao LC, Pang HQ, Wang GZ, Zhu CG. Phospholipase D and lipoxygenase activity of cucumber fruit in response to chilling stress. *Postharv Biol Technol.* 2007b; 44: 42–47.
- MAPA. Métodos Oficiales de Análisis de Alimentos. Madrid. Mundiprensa Libros S.A. 1994: 342-343.
- Marins JC, Dantas EH, Zamora S. Variaciones del sodio y potasio plasmáticos durante el ejercicio físico: factores asociados. *Universidad Brasil/Murcia. Educación física y Deportes.* 2000; 62: 48-55.
- MARM. Anuarios de la Producción Agraria. 2014. Disponible en: [http://www.magrama.gob.es/es/ministerio/servicios/informacion/plataforma-de-conocimiento-para-el-medio-rural-y-pesquero/biblioteca-virtual/articulos-de-revistas/rev\\_index.asp?codrevista=AEA&ejemplarid=97&ano=2010&numero=2010&volumen=&titrev=Anuario+de+Estad%EDstica+Agraria](http://www.magrama.gob.es/es/ministerio/servicios/informacion/plataforma-de-conocimiento-para-el-medio-rural-y-pesquero/biblioteca-virtual/articulos-de-revistas/rev_index.asp?codrevista=AEA&ejemplarid=97&ano=2010&numero=2010&volumen=&titrev=Anuario+de+Estad%EDstica+Agraria)
- Maroto JV. Horticultura herbácea especial. 4ª Edición. Madrid. Ed. Mundiprensa. 1995. 702 p.

- Martínez-Romero D, Serrano M y Valero D. Physiological changes in pepino (*Solanum muricatum* Ait.) fruit stored at chilling and non-chilling temperatures. *Postharvest Biology and Technology*. 2003; 30: 177-186.
- Mataix Verdú J. Tabla de composición de alimentos. 4ª Edición. Editorial Universidad de Granada. 2003. 555 p.
- Meneely GR and Ball CO. Experimental epidemiology of chronic sodium chloride toxicity and the protective effect of potassium chloride. *Am J Med*. 1958; 25(5): 713-725.
- Mondino MC y Ferrato J. El análisis sensorial, una herramienta para la evaluación de la calidad desde el consumidor. *Revista agromensajes de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Rosario*. 2006; 18.
- Monsivais P, Aggarwal A, Drewnowski A. Following federal guidelines to increase nutrient consumption may lead to higher food costs for consumers. *Health Aff (Millwood)*. 2011; 30: 1471–1477.
- Moreno D, Cruz W, García E, Ibañez A, Barrios J.M, Barrios B. Cambios fisicoquímicos poscosecha en tres cultivares de pepino con y sin película plástica. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 2013; 4 (6): 909-920.
- Moylan CA, Derr AS and Lindhorst T. Increasingly mobile: How new technologies can enhance qualitative research. *Qualitative Social Work*. 2015, Vol. 14(1) 36–47.
- Navarro E. Influencia de las variaciones texturales del suelo sobre la calidad del melón Galia cultivado en invernadero. Tesis doctoral. Universidad de Granada. 2008. 342 p.
- Nestel P, Bouis HE, Meenakshi JV, Pfeiffer W. Biofortification of staple food crops. *J Nutr*. 2006; 136: 1064–1067.
- Nicolai BM, Berna A, Beullens K, Vermeir S, Saevels S, Lammertyn J. High-throughput flavour profiling of fruit. In *Fruit and Vegetable Flavour. Recent*

## Bibliografía

- Advances and Future Prospects; Breuckner, B., Wyllie, S. G., Eds.; CRC Press: Boca Raton, FL, 2008; pp 287-303.
- OMS. Diet nutrition and the prevention of chronic diseases. Informe de una consulta mixta de expertos FAO/OMS. Serie de informes técnicos nº 916. Ginebra Suiza. 2003.
  - Ortega E, Montoya S, Asensio C. Prácticas y Seminarios de Producción de Materias Primas. 2ª ed. Editorial Universidad de Granada. 2012. 143 p.
  - Pagoto, S., Schneider, K., Jojic, M., DeBiaise, M., & Mann, D. Evidence-based strategies in weight-loss mobile apps. *American Journal of Preventive Medicine*. 2013, 45: 576–582.
  - Pérez Afonso JL. Cultivo del pepino en invernadero. Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación. Madrid. Publicaciones de extensión agraria. 1984. 303 p.
  - Pérez-Elortondo FJ. Ensayos hedónicos. En: *Análisis sensorial de Alimentos. Métodos y Aplicaciones*. Editorial Springer. 2001; pp: 90-109.
  - Peri C. The universe of food quality. *Food Qual. Pref*. 2006, 17, 3–8.
  - Programa informático para la determinación del color:  
[www.colorschemer.com/online.html](http://www.colorschemer.com/online.html)
  - Prono-Widayat H, Schreiner M, Huyskens-Keil S and Lüdders P. Effect of ripening stage and storage temperature on postharvest quality of pepino (*Solanum muricatum* Ait.). *Food Agriculture & Environment*. 2003; 1(1): 35- 41.
  - Qian C, He Z, Zhao Y, Mi H, Chen X and Mao L. Maturity-dependent chilling tolerance regulated by the antioxidative capacity in postharvest cucumber (*Cucumis sativus* L.) fruits. *J Sci Food Agric*. 2013; 93: 626-633.
  - Ramírez-Navas JS. *Análisis sensorial: pruebas orientadas al consumidor*. Recitela. Colombia. 2012. Pp: 85-98.

- Reglamento CE nº 1221/2008 de la Comisión del 5 de Diciembre de 2008 referente a las normas de calidad comercial de 26 frutas y hortalizas.
- Reche J. Cultivo del pepino en invernadero. Ministerio de Medio Ambiente Medio Rural y Marino. 2011. 262 pp.
- Rodarte A, Eichholz I, Rohn S, W. Kroh L and Huyskens-Keil S. Phenolic profile and antioxidant activity of highbush blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.) during fruit maturation and ripening. *Food Chemistry*. 2008; 109: 564–572.
- Rodrigues S. L, Baldo M.P, Machado R.C, Forechi L et al. High potassium intake blunts the effect of elevated sodium intake on blood pressure levels. *Journal of the American Society of Hypertension*. 2014; 8(4): 232–238.
- Salgado L, Díaz J, Esquer M, Noriega JA. Evaluación de la aceptación de un nuevo producto a base de espárrago mediante metodología mixta. *Agroalimentaria*. 2014; 20(38): 121-135.
- Sánchez-Palomo E; Chaya C y González MA. Innovaciones tecnológicas en el abonado del melón de la Mancha: influencia en el perfil sensorial. VII Congreso Español de Ingeniería de Alimentos (CESIA 2012), Ciudad Real.  
  
Disponible en: [http://oa.upm.es/22864/1/INVE MEM 2012 153835.pdf](http://oa.upm.es/22864/1/INVE_MEM_2012_153835.pdf)
- Sancho J, Bota E, De Castro JJ. Introducción al análisis sensorial de los alimentos. Edicions Universitat de Barcelona. 1999. 336p.
- Selcuk N and Erkan M. The effects of modified and palliflex controlled atmosphere storage on postharvest quality and composition of “Istambul” medlar fruit. *Postharvest Biology and Technology*. 2015; 99: 9-19.
- Serrano Z. Construcción de invernaderos. Madrid. Ed. Mundi Prensa. 1994. 415p.
- Sivritepe N y Eris A. Mechanism of salt resistance in plants. *Ulugade Uni. Zir. Fak. Dergisi*. 12. 1996; 223-234.

## *Bibliografía*

- Stone H y Sidel, J L. Sensory evaluation practices. 2nd edition. London: Academic Press Inc. 1993. 374 p.
- Stutevant. Notes on Edible Plants. Edited by U-P. Hedrick. 1979. 667 p.
- Suslow T and Cantwell M. Cucumber. Producer facts. Perishables Handling No. 90. University of California Davis. USA. 1997; 21-22.
- Suzanne S. Análisis de los alimentos. Manual de laboratorio. Editorial Acribia. 2003. Capítulo 12, Las disoluciones patrones y la acidez valorable; p. 87-92.
- Talukder AK, Ahmed H, Yavagal R. Mobile Computing: Technology, Applications, and Service Creation. 2º Edición. McGraw-Hill communications engineering series. 2010, 672 p.
- Tang J, Abraham C, Stamp E and Greaves C. How can weight-loss app designers' best engage and support users? A qualitative investigation. British Journal of Health Psychology. 2015, 20: 151–171.
- USDA. Ingesta adecuada de potasio. 2011. Disponible en: <http://ndb.nal.usda.gov/>.
- Vademecum de productos fitosanitarios y nutricionales. 2012. Disponible en: [www.terraia.com](http://www.terraia.com).
- Valverde E y Silva P. Validación de un método analítico para la determinación del contenido en sodio de los alimentos. Tecnología en Marcha. 2012; 5 (2): 41-49.
- Variedad de semilla. Características. Disponible en: [www.rijkzwaan.es](http://www.rijkzwaan.es)
- Wang CY. Approaches to reduction chilling injury of fruits and vegetables. Hort. 1993; 15: 63-95.
- Want, R., When Cell Phones become Computers, Pervasive Computing. IEEE (Instituto Español de Estudios Estratégicos). 2009, 8 (2): 2 – 5.

- Welch RM. Breeding Strategies for Biofortified Staple Plant Foods to Reduce Micronutrient Malnutrition Globally. *The Journal of Nutrition*. 2002 (a); 133(3): 495-499.
- Welch RM, Graham RD. Breeding crops for enhanced micronutrient content. *Plant and Soil*. 2002 (b); 245: 205–214.
- White PJ and Broadley MR. Biofortification of crops with seven mineral elements often lacking in human diets – iron zinc copper calcium magnesium selenium and iodine. *New Phytologist*. 2009; 182: 49–84.
- Yang L, Hao DJ, Zhang H. The facilities vegetables warning and control system based on mobile phone SMS. *Applied Mechanics and Materials*. 2014, 596: 576-579.
- Yang Q, Liu T, Kuklina EV, Flander D, Hong Y, Gillespie C et al. Sodium and potassium intake and mortality among US adults: prospective data from the Third National Health and Nutrition Examination Survey. *Arch Intern Med*. 2011; 171: 1183–1191.
- Zhu K, Devine A, Prince RL. The effects of high potassium consumption on bone mineral density in a prospective cohort study of elderly postmenopausal women. *Osteoporos Int*. 2009; 20(2): 335-340.