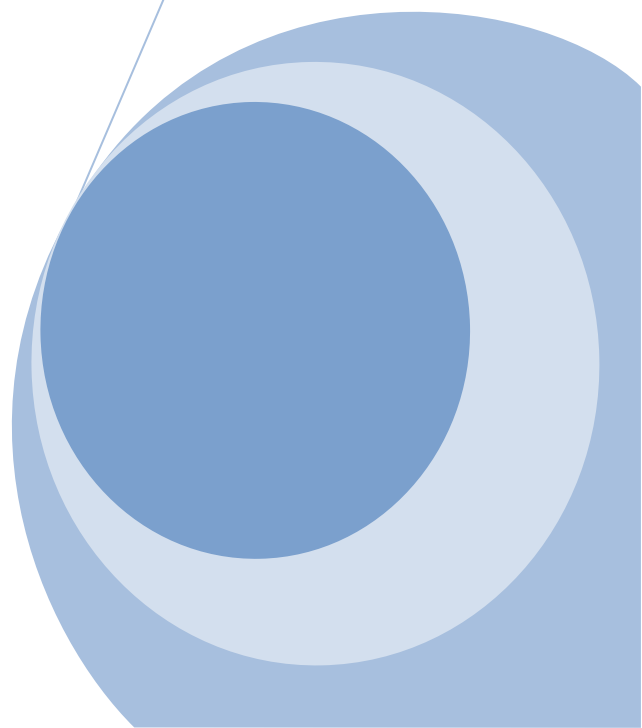
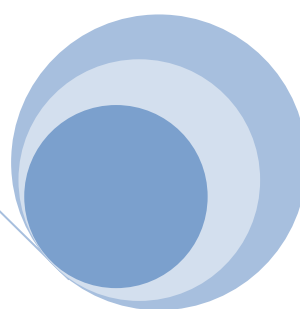
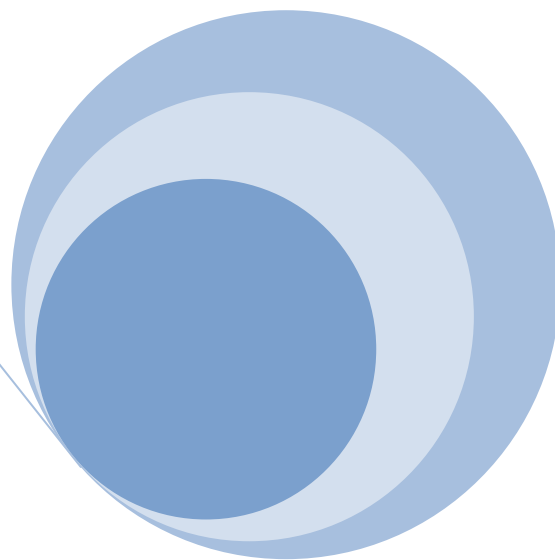


# **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**



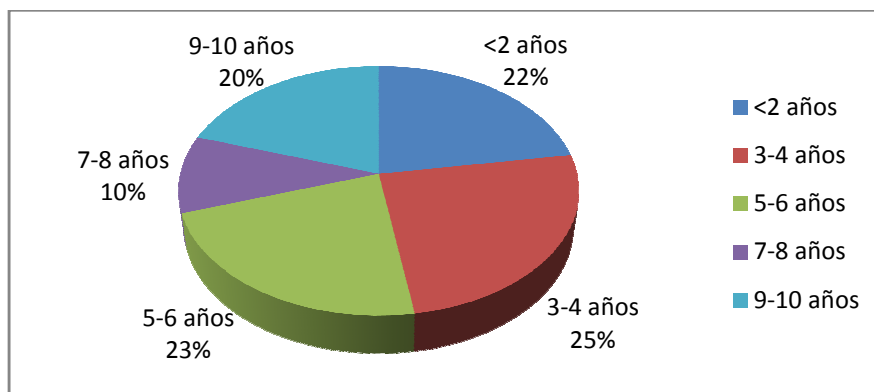
## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. ESTUDIO PROSPECTIVO PREVIO

#### 4.1.1. Encuestas a productores

De las encuestas realizadas a los productores, se obtuvieron datos sobre los principales modelos usados, marco de plantación utilizado, proceso de elección de los emisores instalados y grado de conformidad con la elección.

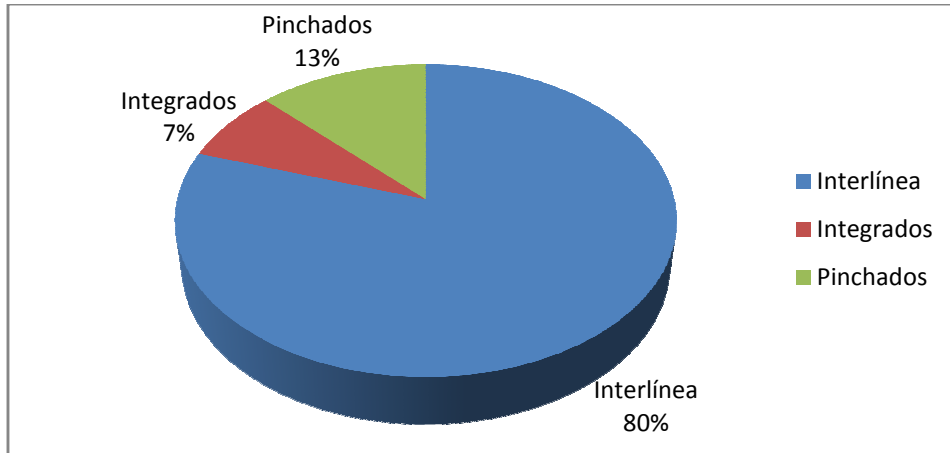
En la Figura 8 se muestra una distribución de los emisores instalados por los productores encuestados en función a la edad de los mismos.



**Figura 8: Distribución de los emisores instalados por los productores en función a la edad de los mismos.**

En el gráfico podemos observar que los emisores de los productores encuestados tienen edades muy diversas, todos ellos con menos de 10 años. Así, podemos tener datos de todas las edades de emisores, asegurando que vamos a tener datos muy fiables de los emisores instalados en los últimos 10 años. Además, obteniendo una media, obtenemos 4,9 años de edad de los emisores, muy cerca de los 5 años que es la mitad de los 10 años que tomamos como referencia.

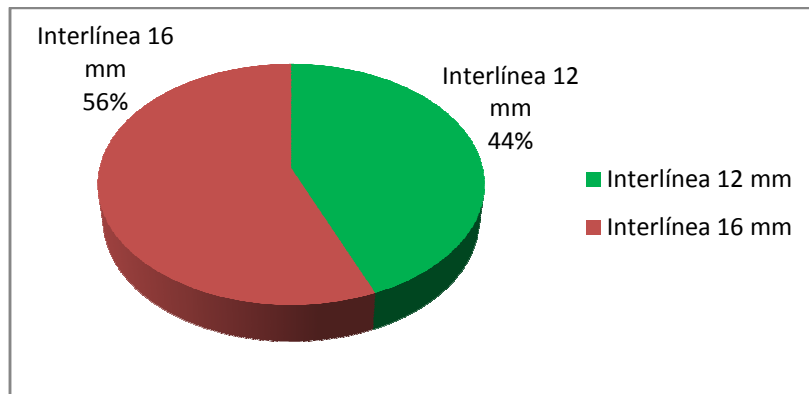
En la Figura 9 se muestra la distribución de los emisores instalados en función del tipo de inserción de los mismos.



**Figura 9: Distribución de los emisores instalados por productores en función del tipo de inserción de los mismos.**

Observamos como los interlínea son ampliamente los más instalados en la zona del Bajo Andarax, con un 80%, por un 13% de los pinchados y solo un 7% de los integrados. Esto muestra por un lado, que los integrados son los menos instalados, por la razón de que al sufrir obturaciones, es necesario cambiar todo el ramal; y por otro lado, que los pinchados tienen cierta tendencia a aumentar su instalación, ya sea por su facilidad de sustitución, como por su menor obturación.

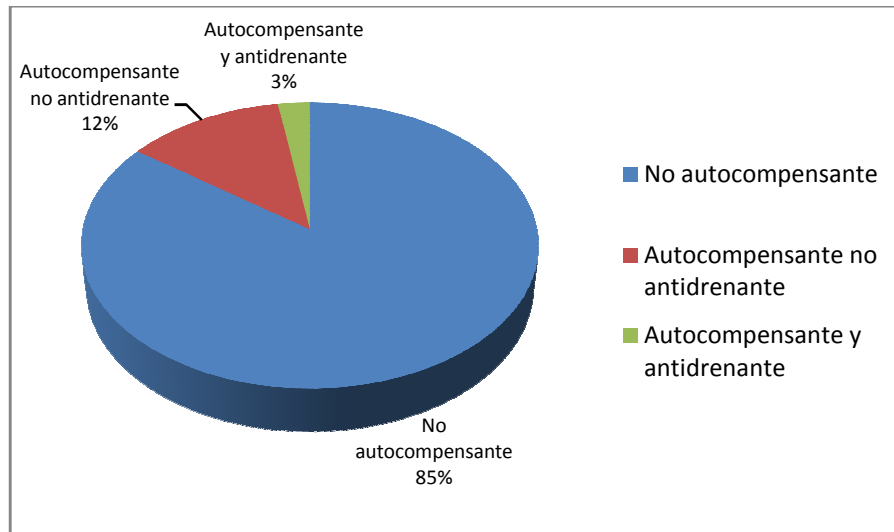
La Figura 10 muestra la distribución de los emisores interlínea instalados por los productores encuestados, en función del diámetro de tubería elegido.



**Figura 10: Distribución de los emisores interlínea instalados por los productores en función del diámetro de tubería.**

El emisor interlínea de diámetro de tubería de 16 mm es el más instalado en la zona, con un 56%, por un 44% del emisor de 12 mm. Esto nos indica la tendencia existente hacia diámetros mayores, ya se busca que disminuyan las obturaciones en el emisor, que se puede llegar a pensar que al ser de un diámetro mayor, se obtura menos, aunque también se realiza una inversión mayor.

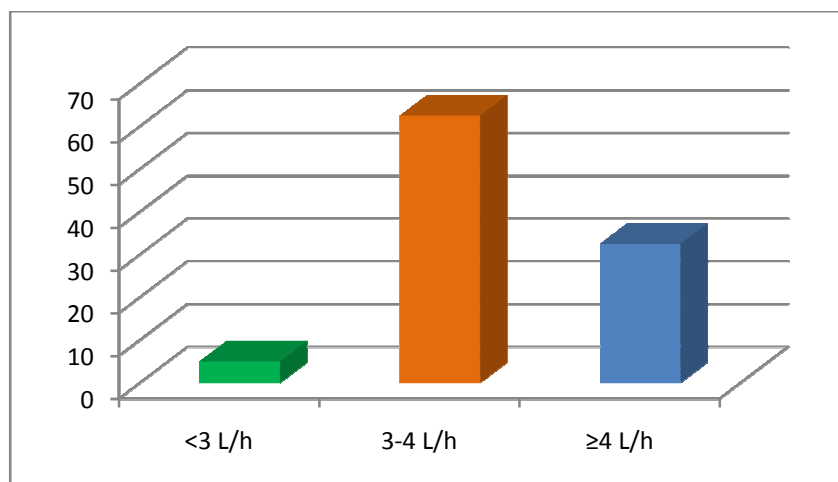
En la Figura 11 se muestra la distribución de los emisores instalados por los productores encuestados, en función de la capacidad de compensación del caudal, y el drenaje de los mismos.



**Figura 11: Distribución de los emisores instalados por los productores en función de la capacidad de compensación y drenaje de los mismos.**

El gráfico muestra la mayor sofisticación de los emisores en la zona del Bajo Andarax, en la que, aunque predominen los no compensantes como los más instalados con un 85%, se ve como el 15% de los productores instalan emisores autocompensantes. Esto es por la búsqueda de una mejor uniformidad de riego, además de mayor calidad de fabricación, para asegurar un riego no deficitario ante posibles obturaciones.

La Figura 12 muestra una gráfica clasificatoria de los modelos instalados por los productores encuestados, en función del caudal nominal que posean.

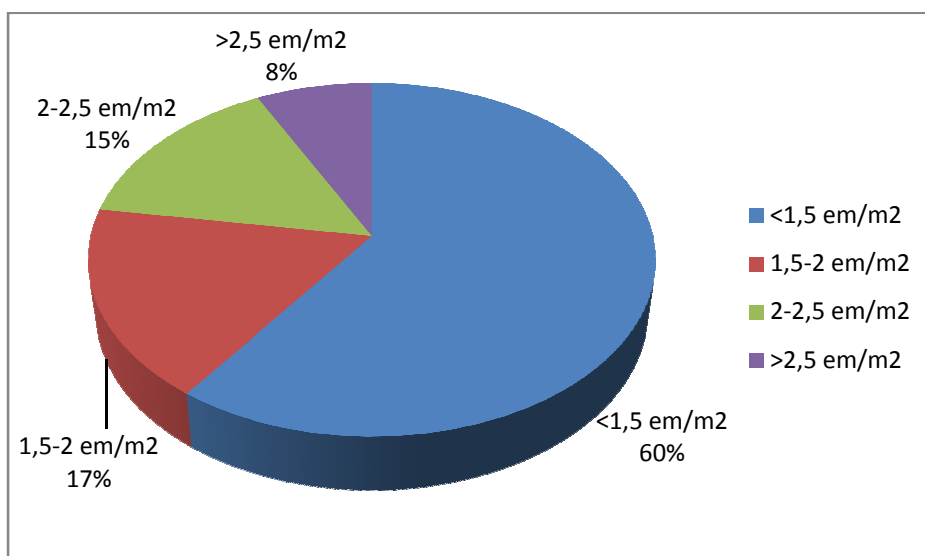


**Figura 12: Porcentaje de modelos instalados por los productores, clasificados en función del caudal nominal de los mismos.**

Predomina la instalación de emisores de caudal nominal comprendido entre 3 y 4 l h<sup>-1</sup>, con un 62,5%. También se instalan en gran medida los emisores de 4 l h<sup>-1</sup> o superiores, en un 32,5%. Los menos instalados son los de caudal nominal menor a 3 l h<sup>-1</sup>, con únicamente el 5%.

Se demuestra que cada vez se instalan emisores con un caudal nominal superior, ya que los emisores de 4 l h<sup>-1</sup> no se instalaban casi nunca hace unos años, y ahora se están imponiendo. Esto se debe a que se busca disminuir el tiempo de riego. Los emisores de 2 l h<sup>-1</sup> solo se instalan en casos puntuales. Así, si obtenemos un caudal nominal medio de los encuestados, nos sale 3,3 l h<sup>-1</sup>, superior a la media de la provincia.

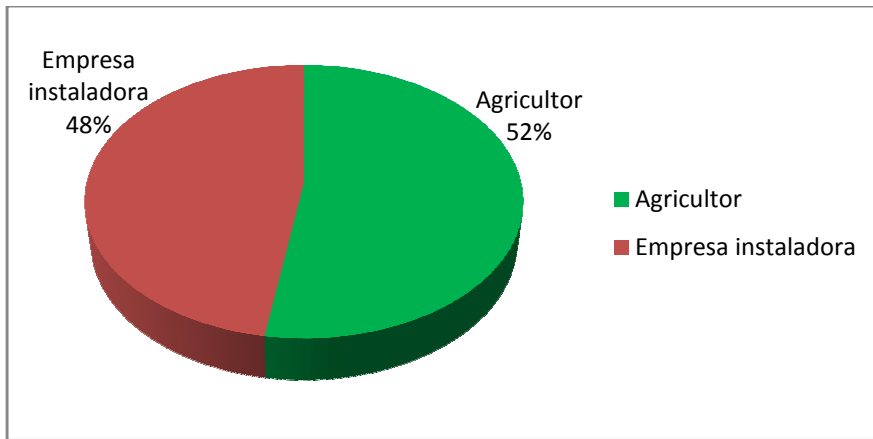
En la Figura 13 se muestra la distribución de los emisores instalados por los productores en función del número de emisores que hay por metro cuadrado en el invernadero.



**Figura 13: Distribución de los emisores instalados por productores en función del nºemisores · m<sup>-2</sup>.**

En la zona del Bajo Andarax suele buscarse un marco de plantación amplio, ya que se cultiva sobre todo tomate y se necesita buena iluminación de las plantas, por lo que suele tener pocos emisores por metro cuadrado. Así observamos que predomina un número de emisores por metro cuadrado inferior a 1,5, con un 60%. Los casos que usan marcos menores suelen ser hidropónico o trabajando a 2 alturas.

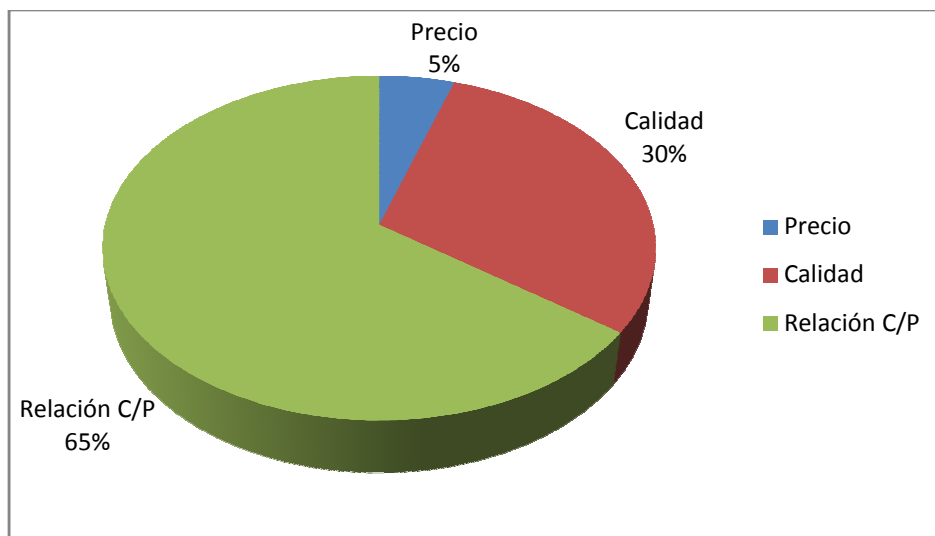
En la Figura 14 se muestra la distribución de los emisores instalados por los productores en función del instalador de los mismos.



**Figura 14: Distribución de los emisores instalados por productores en función del instalador de los mismos.**

El instalador de los emisores es el propio agricultor en más de la mitad de los casos, con un 52%. En los últimos años ha habido una tendencia hacia la autonomía del agricultor, que suele realizar él mismo la mayoría de las tareas. Instalar los emisores es una de esas tareas, por lo que las empresas fabricantes buscan también emisores de fácil instalación.

En la Figura 15 se muestra la distribución de los emisores instalados por los productores en función del motivo de elección de los mismos.

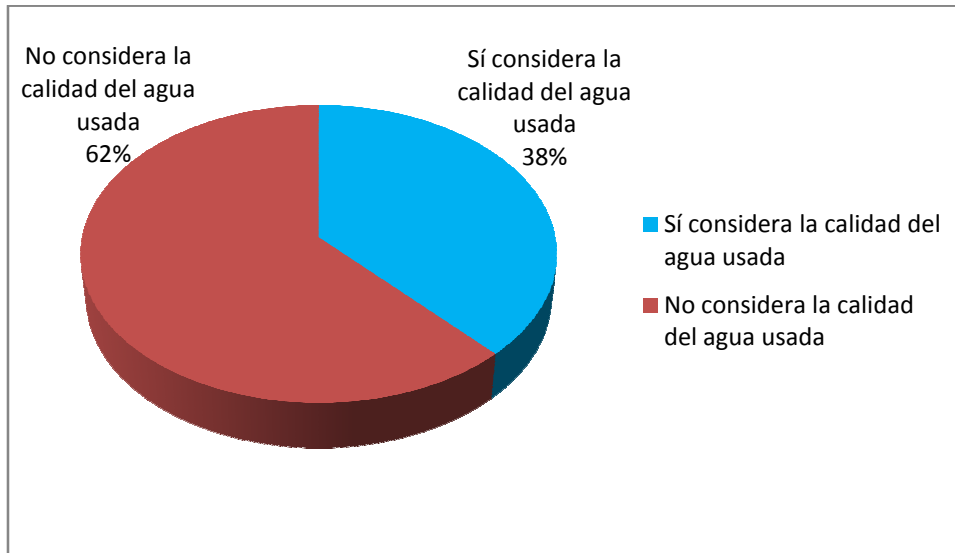


**Figura 15: Distribución de los emisores instalados por productores en función del motivo de elección de los mismos.**

En la gráfica se observa que los productores buscan una buena relación entre la calidad del emisor y el precio. En el 65% de los casos, la elección depende de la relación entre ambos factores. Solo el 5% de los productores eligen su emisor mirando únicamente el precio, lo que demuestra que se presta cada vez más atención a tener un buen sistema de riego. La necesidad de una buena uniformidad de riego hace que en el

30% de los casos se mire únicamente la calidad, instalando un emisor mejor aunque se tenga que hacer una inversión importante.

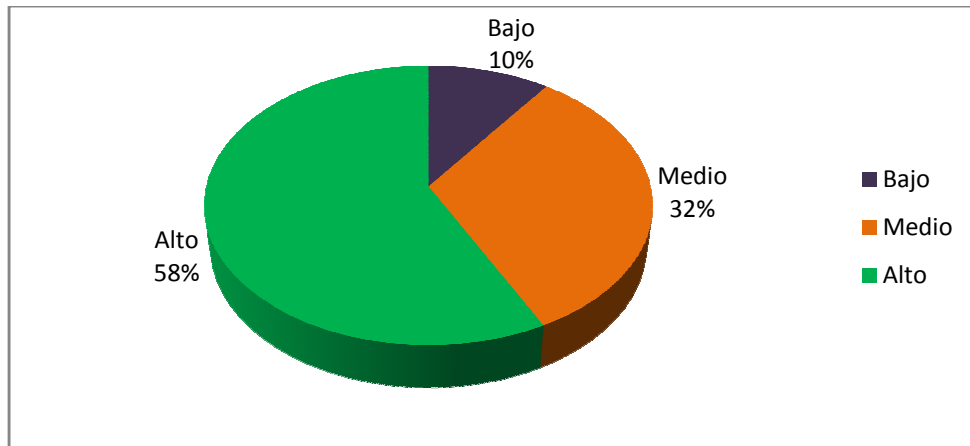
En la Figura 16 se muestra la distribución de los emisores instalados por los productores en función de si han considerado o no la calidad del agua a la hora de la elección.



**Figura 16: Distribución de los emisores instalados por productores en función de la influencia ejercida por el uso de ARUR en la elección de los mismos.**

Cuando se les pregunta a los productores si han considerado la calidad del agua a la hora de elegir el modelo de emisor, en el 62% de los casos el uso de agua residual regenerada no han influido en la elección de un determinado modelo. Esto puede ser consecuencia del uso de buenos sistemas de filtrado, de desconocimiento de las propiedades del agua de riego, o de la confianza del productor en el emisor elegido. Sin embargo es cada vez mayor la tendencia al uso de emisores de fácil limpieza o reemplazo, ya sean desmontables o pinchados, siendo esta elección influida por las características del agua residual urbana regenerada.

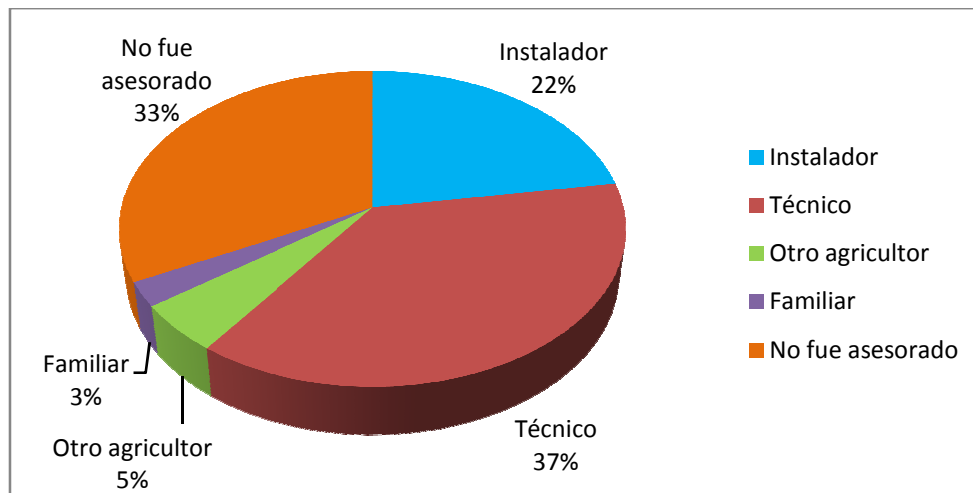
En la Figura 17 se muestra la distribución de los emisores instalados por los productores en función del grado de conformidad que presentan éstos con su elección.



**Figura 17: Distribución de los emisores instalados por productores en función del grado de conformidad con la elección realizada.**

La gráfica nos indica que los productores están en la mayor parte de los casos bastante satisfechos con los emisores elegidos, ya que en un 58% de los casos su grado de conformidad es alto. Únicamente se sienten insatisfechos con el emisor seleccionado en el 10% de los casos, lo cual nos indica que hay un buen compromiso de las empresas fabricantes para que los goteros cumplan con las expectativas que indican.

En la Figura 18 se muestra la distribución de los emisores instalados por los productores en función del asesoramiento recibido.



**Figura 18: Distribución de los emisores instalados por productores en función de quién los asesoró sobre los mismos.**

Los técnicos suelen ser los asesores de los productores del Bajo Andarax para la instalación del sistema de riego, con un 37% de los casos. También las empresas instaladoras suelen informar y aconsejar sobre el emisor más adecuado, ocurriendo esto en el 22% de los casos.



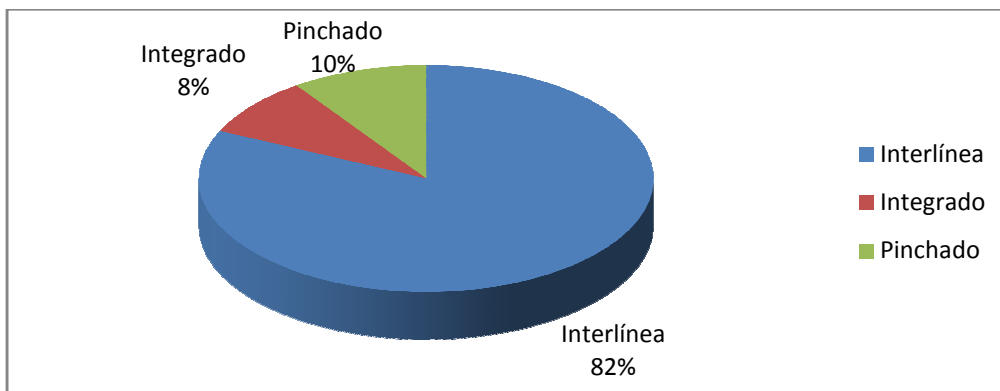
Cabe destacar que en el 33% de los casos los productores no son asesorados, y se guían normalmente por experiencias personales anteriores, o no tienen posibilidad de elección.

Estos datos nos dicen de que hay un buen asesoramiento por parte de los técnicos e instaladores hacia los productores, ya que si a esta gráfica le superponemos la anterior, observamos que los productores están satisfechos con el asesoramiento que le han dado a la hora de elección, ya que normalmente están muy conformes con el emisor seleccionado.

#### 4.1.2. Encuestas a empresas instaladoras

Las encuestas, realizadas a 11 de las principales empresas instaladoras en la provincia de Almería, muestran los datos, en metros lineales, de los principales modelos instalados en la provincia en el último año. En total, las empresas encuestadas afirman instalar entre todas ellas 6670650 metros lineales de ramal de riego al año. En las encuestas se les preguntó por el modelo, fabricante, tipo y características de los emisores.

La Figura 19 muestra la distribución de emisores en función del tipo de inserción en el ramal, instalados por las principales empresas instaladoras en la provincia de Almería en el último año.

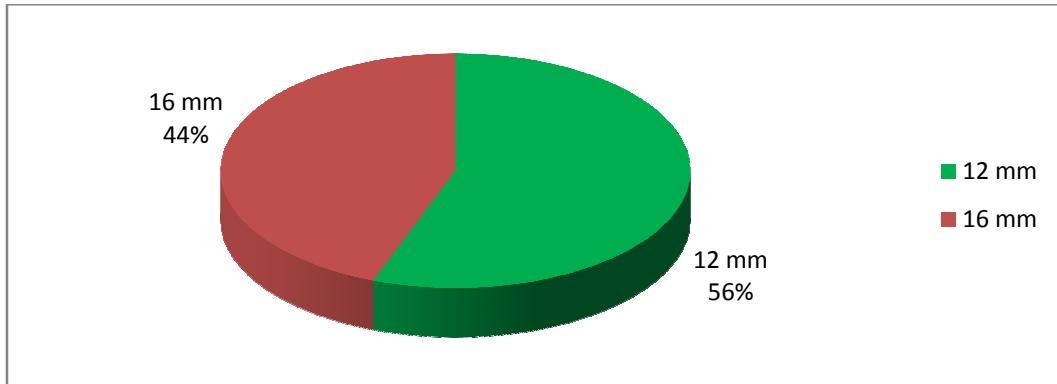


**Figura 19: Distribución de emisores instalados en la provincia de Almería en función del tipo de inserción en el ramal en el último año.**

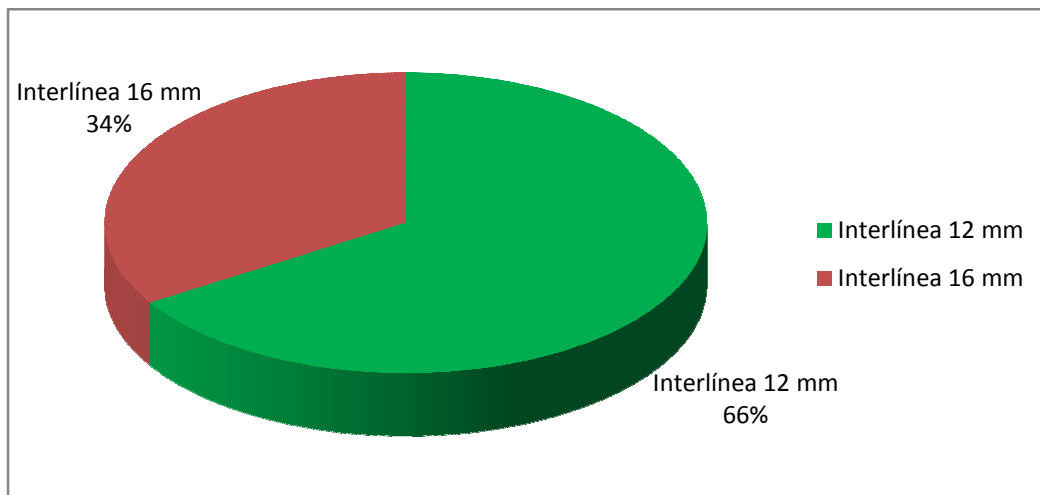
En la provincia de Almería, el gotero interlínea es ampliamente el más instalado, con un 82% de los metros lineales totales, por el 8% del total de metros lineales de gotero integrado y un 10% del total de metros lineales de gotero pinchado.

Si comparamos esta gráfica con la Figura 9, observamos que en la zona del Bajo Andarax se ajusta a la que se puede encontrar en toda la provincia, aunque hay cierta tendencia hacia el aumento de emisores pinchados, respecto a los interlínea, aunque aún son estos los más instalados.

La distribución de emisores instalados en la provincia en el último año según el diámetro del ramal se muestra en la Figura 20, prestando especial atención a los emisores interlínea (Figura 21).



**Figura 20:** Distribución de emisores instalados en la provincia de Almería en función del diámetro del ramal en el último año.



**Figura 21:** Distribución de emisores interlínea instalados en la provincia de Almería en función del diámetro del ramal en el último año.

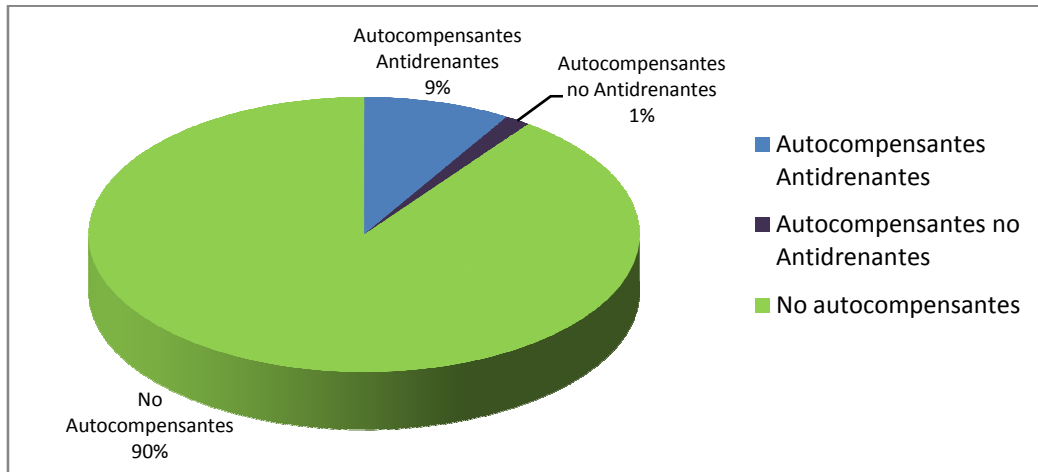
En la provincia almeriense, hay una mayor instalación de emisores de un diámetro de inserción con el ramal de 12 mm, con un total del 56% de los metros lineales totales, por un 44% con un diámetro de inserción con el ramal de 16 mm.

En los modelos interlínea encontramos una diferencia mayor entre goteros de diámetro interno de 12 mm y de 16 mm, siendo los totales de un 66% y un 34% del total de metros lineales, respectivamente.

Comparando esta gráfica con la Figura 10, se puede observar una gran variación de los modelos interlínea instalados en la zona del Bajo Andarax en función del diámetro de tubería, respecto al de toda la provincia. En esa zona se puede comprobar que el diámetro más instalado por los productores es de 16 mm, en lugar de 12 mm, que

suelen ser el más común en la provincia almeriense. Esto es debido a que los emisores de diámetro 16 mm suelen ser de mayor calidad en cuanto a evitar o minimizar la obturación.

La Figura 22 muestra la capacidad de compensación y drenaje de los emisores instalados en el último año.



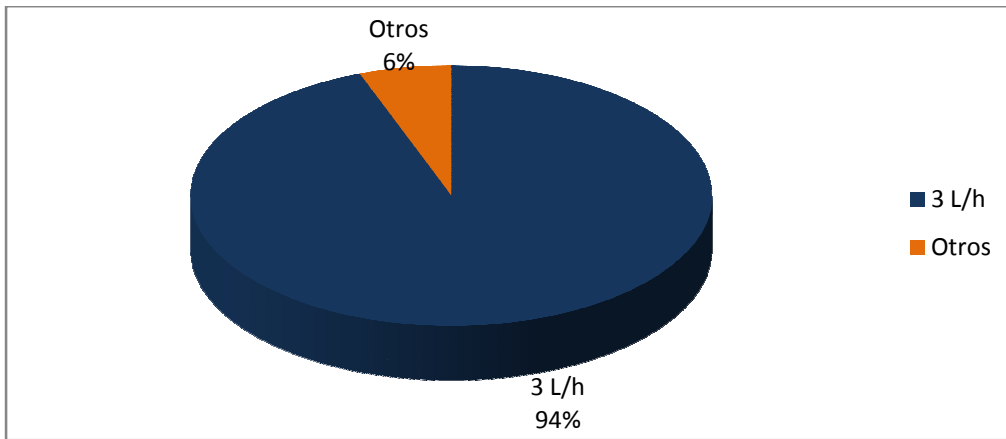
**Figura 22: Distribución de emisores instalados en la provincia de Almería en función de la capacidad de compensación y drenaje en el último año.**

En la provincia almeriense se instalan principalmente goteros no autocompensantes, con un 90% de los metros lineales totales. Los metros lineales de goteros autocompensantes instalados sumarían el 10% restante, dentro de los cuales serían antidrenantes el 90% de ellos, por solo un 10% de goteros autocompensantes que no son antidrenantes.

Estos datos nos indican que los modelos autocompensantes son aún poco instalados, ya que su precio más elevado hace que el agricultor no vea indispensable esta característica como para afrontar la inversión.

Comparando esta gráfica con la Figura 11, se observa que en el Bajo Andarax se buscan emisores de mayor calidad, antidrenantes y autocompensantes. Esto se debe a que se busca una mejor uniformidad de riego.

La Figura 23 muestra la distribución de los emisores instalados en la provincia de Almería en el último año, en función del caudal nominal.

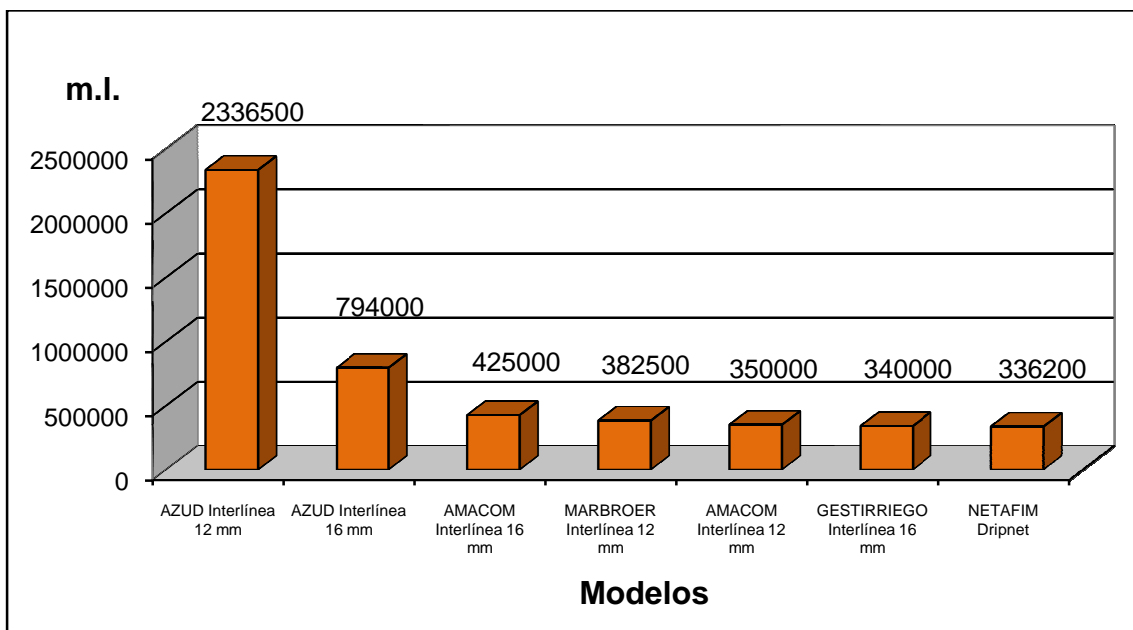


**Figura 23:** Distribución de emisores instalados en la provincia de Almería en función del caudal nominal en el último año.

Respecto al caudal, se instalan principalmente emisores cuyo caudal nominal es de  $3 \text{ l h}^{-1}$ , con un 94% del total. Los emisores cuyo caudal nominal difiere de  $3 \text{ l h}^{-1}$  van desde  $2 \text{ l h}^{-1}$  hasta  $4,4 \text{ l h}^{-1}$ , siendo éstos de un 6% del total de metros lineales instalados.

Comparando esta gráfica con la Figura 12, podemos observar diferencia entre la zona del Bajo Andarax, respecto al total de la provincia. En el gráfico de las encuestas a productores se indica que en la zona se instalan emisores de caudal más elevado, ya que se busca un mayor caudal para disminuir el tiempo de riego.

En la Figura 24 se muestran los metros lineales instalados en el último año por las principales empresas instaladoras de los modelos más utilizados en la provincia de Almería.



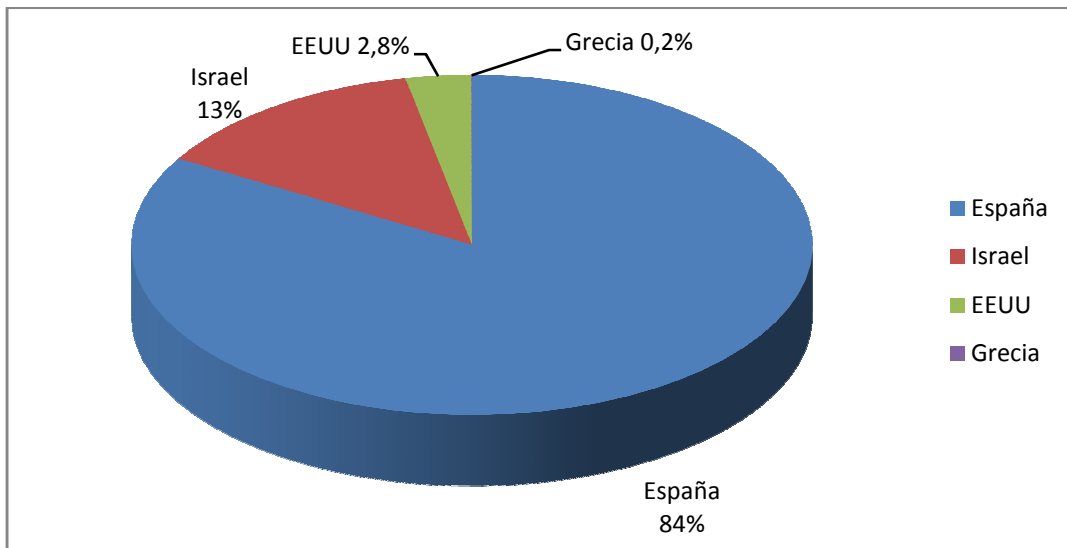
**Figura 24:** Metros lineales de los principales modelos instalados en la provincia de Almería en el último año.

El modelo más utilizado por las principales empresas instaladoras en la provincia almeriense es el gotero interlínea de AZUD de 12 mm de diámetro, con un 35% de los metros lineales totales instalados en el último año.

La gráfica muestra que las marcas más instaladas son AZUD y AMACOM. También se observa que aún predominan los goteros de diámetro de tubería de 12 mm.

Cabe destacar el modelo Dripnet de Netafim, ya que es el séptimo modelo en metros lineales instalados, y primer modelo que no es interlínea, con un 5% respecto del total de metros lineales instalados.

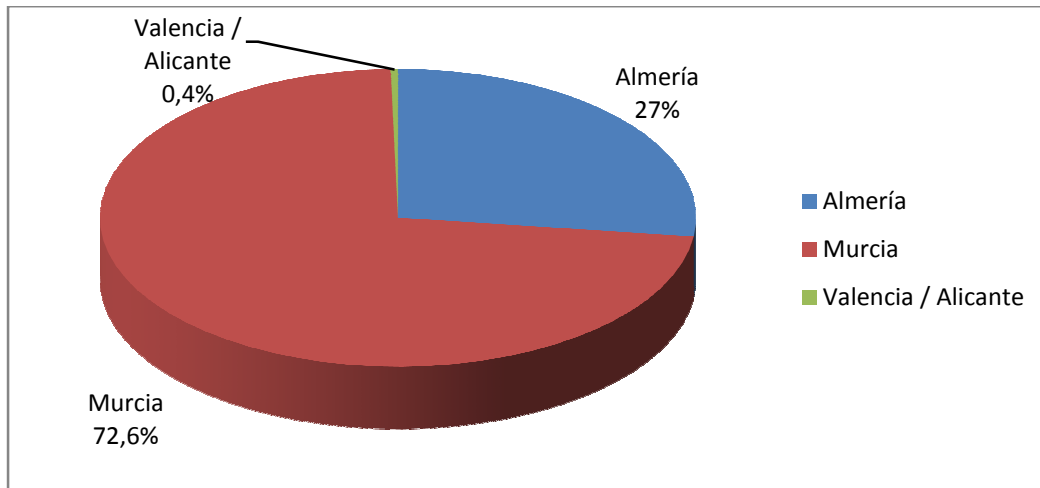
En la Figura 25 se muestran los metros lineales de los modelos de goteros instalados en la provincia de Almería, en función de los países de origen de las empresas fabricantes.



**Figura 25: Distribución de los principales modelos de emisores instalados en la provincia de Almería en el último año, en función del país de origen del fabricante del emisor.**

Gran parte de los goteros instalados en la provincia almeriense provienen de empresas que tienen su origen en el propio territorio español, constituyendo el 84% del total de metros lineales instalados. Israel proporciona, con la empresa Netafim principalmente, un total del 13%. Menos importancia tienen las empresas originarias de Estados Unidos o Grecia, con un 2,8% y un 0,2% del total de metros lineales, respectivamente.

En la Figura 26 se muestran las provincias de origen de los fabricantes españoles de los distintos modelos instalados en la provincia de Almería, realizando una distribución respecto a sus metros lineales.



**Figura 26: Distribución de los emisores instalados en la provincia almeriense, en función de la provincia de origen de las empresas fabricantes españolas.**

Las empresas fabricantes murcianas predominan en los metros lineales instalados en la provincia de Almería, con un 72,6%. Las empresas almerienses constituyen un total del 27% del total de metros lineales. Las empresas del levante español constituyen únicamente el 0,4%.

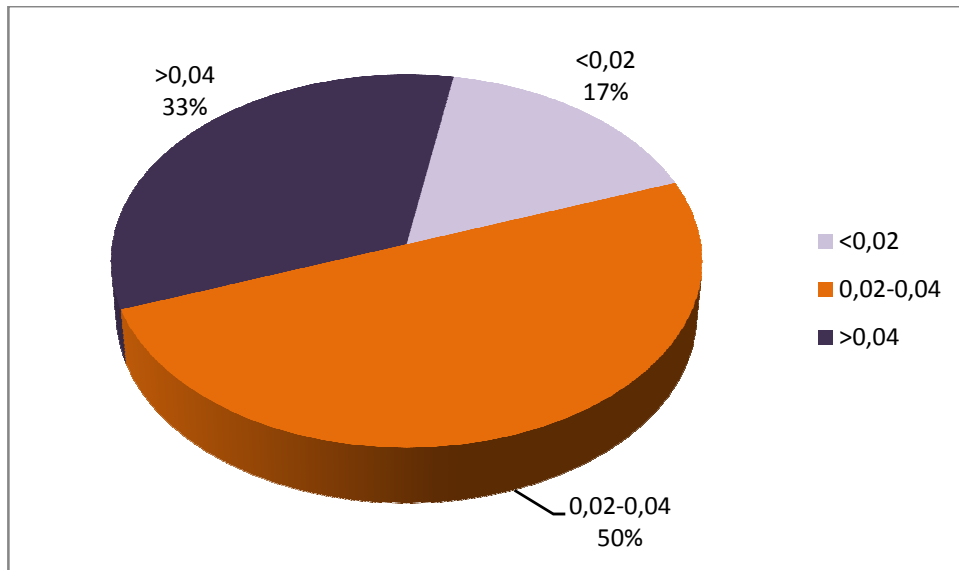
#### 4.1.3. Entrevistas a empresas fabricantes

Una vez conocidas cuáles eran las principales empresas fabricantes que operan en la provincia, se realizaron entrevistas con los responsables técnicos de esas empresas en Almería.

Las empresas fabricantes facilitaron muestras de los principales modelos instalados en la provincia, obtenidos en las encuestas anteriores. Además, dieron muestras de otros emisores para analizar, cuyas características técnicas se adecúan a las condiciones de agua residual urbana regenerada.

Si bien las empresas facilitaron datos técnicos de los emisores, solo en 13 de los 38 modelos totales que se analizaron se facilitaban datos del Coeficiente de Variación de Fabricación (CV).

En la Figura 27 se muestra una distribución de los Coeficientes de Variación de Fabricación (CV) facilitados por las empresas fabricantes.



**Figura 27: Distribución de los emisores cuyos datos han sido facilitados por las empresas fabricantes, en función de su Coeficiente de Variación de Fabricación (CV).**

Según las empresas fabricantes, el 50% de los goteros tienen un Coeficiente de Variación de fabricación (CV) que varía entre 0,02 y 0,04. El 33% posee un CV mayor a 0,04 y únicamente el 17% de los goteros posee un CV igual o inferior a 0,02.

Cabe destacar que únicamente son 13 los goteros cuyo fabricante facilitó el Coeficiente de Variación, y por tanto esta clasificación era incompleta. Por ello se decidió hallar este dato no solo en el laboratorio, sino también en campo, durante la realización del 1er muestreo.

Por otro lado, solo el 39% de las empresas facilitaron las fórmulas de gasto de los distintos modelos de emisores.

## 4.2. ENSAYOS DE LABORATORIO

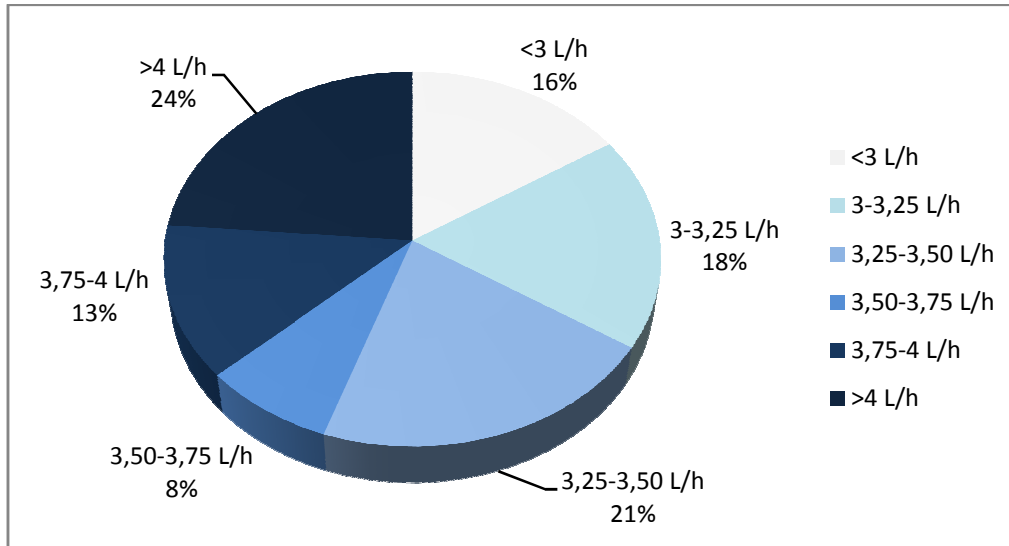
Gracias al análisis de los distintos modelos en laboratorio, podemos obtener una clasificación de éstos en función de la curva de gasto obtenida, gracias a la cual se obtiene el caudal nominal y el exponente de descarga de cada modelo de emisor, y del Coeficiente de Variación de fabricación (CV).

### 4.2.1. Curva de gasto

En el banco de ensayos se consiguieron los datos necesarios de cada uno de los modelos analizados para conseguir, gracias a un paquete estadístico informatizado, la curva de gasto de cada uno de los modelos de emisores, que servirían para clasificarlos según el caudal nominal y el coeficiente de descarga de cada modelo.

En el Anexo III se muestra el análisis estadístico de los distintos emisores, con las curvas de gasto de los goteros y su representación gráfica.

En la Figura 28 se muestra la distribución de los caudales nominales obtenidos en el laboratorio de los modelos analizados.



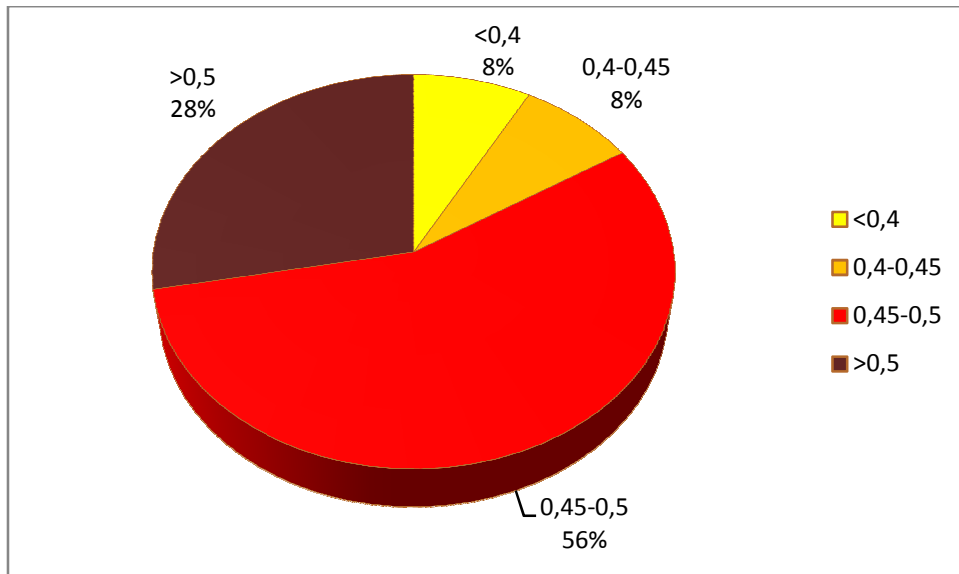
**Figura 28: Distribución de los caudales nominales obtenidos en el laboratorio de los modelos analizados.**

Hay mucha variación entre los distintos caudales nominales de los modelos analizados. Los rangos más comunes han sido los modelos cuyo caudal nominal es mayor a  $4 \text{ l h}^{-1}$  y de  $3,25$  hasta  $3,50 \text{ l h}^{-1}$ , llegando la sumatoria de estos 2 valores a un 45% de los modelos analizados. Cabe destacar el porcentaje del 16% de goteros analizados cuyo caudal nominal es menor a  $3 \text{ l h}^{-1}$ .

La mayor parte de los emisores analizados coinciden con la tendencia existente en la zona del Bajo Andarax, en la cuál se observa, según las encuestas realizadas a los agricultores, que se buscan goteros de caudal nominal mayor a  $3 \text{ l h}^{-1}$ , disminuyendo el tiempo de riego.

En la Figura 29 se muestra una distribución de los modelos turbulentos analizados, en función de su coeficiente de descarga.



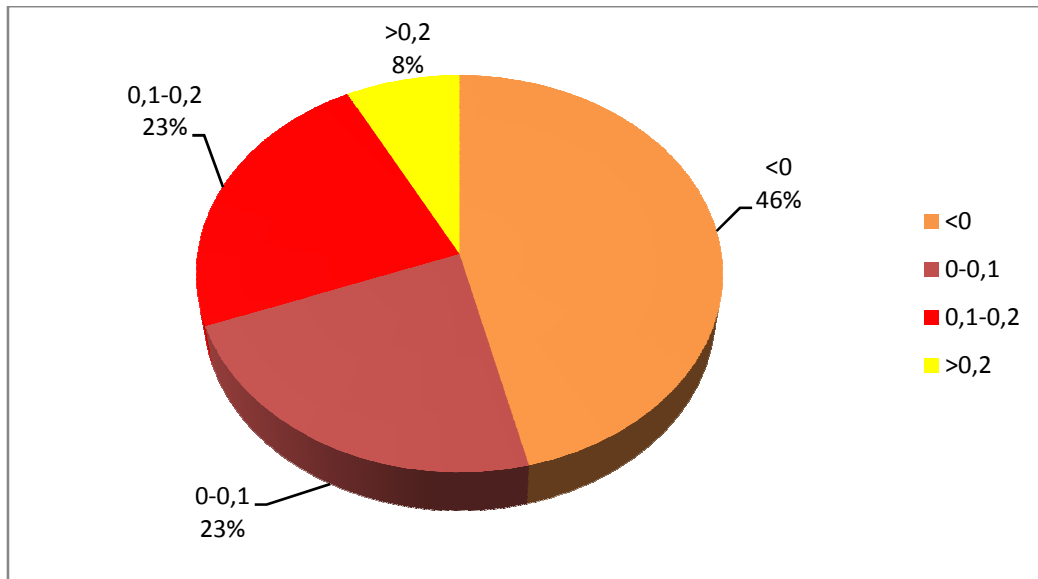


**Figura 29: Distribución de los modelos turbulentos analizados en función del coeficiente de descarga obtenido.**

Un 56% de los modelos analizados tienen un coeficiente de descarga que varía en el rango desde 0,45 hasta 0,5. Además un 16% de los restantes modelos tienen un coeficiente de descarga menor a 0,45, mostrando cierto grado de compensación de la presión.

El coeficiente de descarga de los modelos analizados suele ser inferior a 0,5, lo cual indica que los fabricantes aseguran un margen hasta el coeficiente tomado como estándar, lo que da cierto grado de compensación a los modelos de goteros turbulentos.

En la Figura 30 se muestra una distribución de los modelos autocompensantes analizados, en función del coeficiente de descarga obtenido en el ensayo en el laboratorio.



**Figura 30: Distribución de los modelos autocompensantes en función al coeficiente de descarga obtenido.**

En el 46% de los goteros autocompensantes analizados se han obtenido un coeficiente de descarga negativo, pero muy cercano a 0. Otro 46% han dado un coeficiente de descarga de entre 0 y 0,2. Solo en el 8% de los goteros autocompensantes analizados hemos obtenido un coeficiente de descarga cuyo valor sea mayor a 0,2.

Los modelos analizados dan un coeficiente de descarga siempre muy cercano a 0, siendo en casi todos los casos inferior a 0,2, que es el valor tomado como máximo para la comercialización del emisor como autocompensante. El 8% de los emisores que se han analizado, y se han obtenido coeficientes superiores a este valor, superan en muy poco el 0,2, por lo que al tomar únicamente 4 goteros para hallar la curva de gasto, posiblemente, si se toman un mayor número de emisores para muestrear, el coeficiente de descarga obtenido sería de 0,2 o inferior.

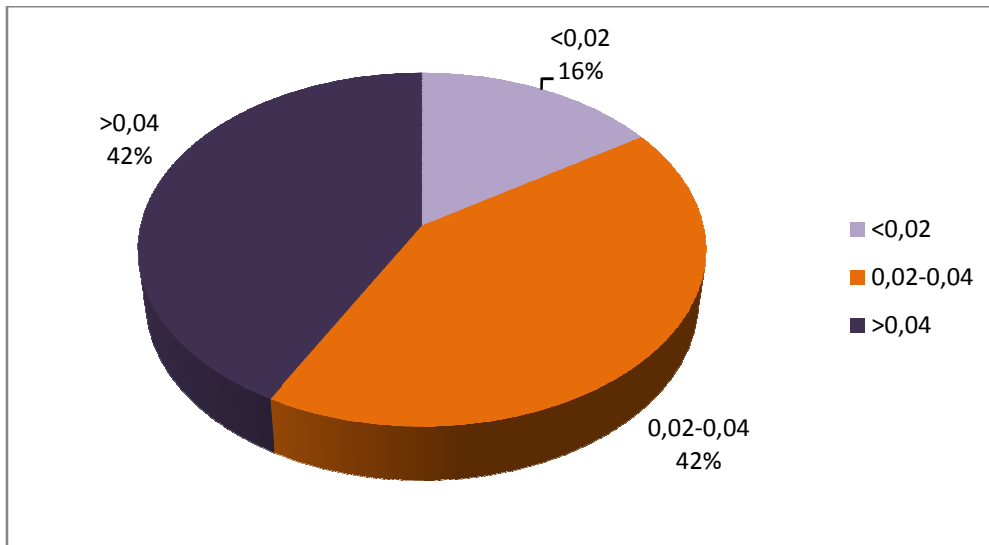
#### 4.2.2. Características técnicas

En la Tabla 13 se muestran algunas de las características técnicas obtenidas de los goteros analizados.

Nombre gotero	Fabricante	CV (fabricante)	CV (laboratorio)	CV (campo)	Fórmula de gasto (laboratorio)
IT-N Interlínea	Marbroer		0,10	0,12	$Q=3,95558xP^{0,454687}$
IT-S Interlínea	Marbroer		0,07	0,12	$Q=3,36957xP^{0,484893}$
MB Escober GE3	Marbroer		0,03	0,06	$Q=3,19962xP^{-0,0745321}$
MB Escober GAE3	Marbroer		0,01	0,05	$Q=2,96746xP^{-0,0362502}$
Interlínea 16	Amacom		0,03	0,02	$Q=3,21973xP^{0,498309}$
Interlínea 12	Amacom		0,04	0,03	$Q=3,26627xP^{0,521201}$
Hydrogol	John Deere		0,03	0,02	$Q=2,96926xP^{0,490086}$
Hydro-PC	John Deere		0,01	0,03	$Q=3,74919xP^{-0,00899392}$
NYA	Prima-Ram		0,05	0,04	$Q=3,48498xP^{0,535236}$
Interlínea 16	Hidroten		0,05	0,05	$Q=3,79157xP^{0,513929}$
Interlínea desmontable	Hidroten		0,05	0,03	$Q=4,02549xP^{0,528695}$
Pinchado desmontable	Hidroten		0,03	0,02	$Q=4,17937xP^{0,506763}$
Pinchado autocompensante	Hidroten		0,07	0,09	$Q=4,36964xP^{0,121575}$
Cónico desmontable	Hidroten		0,04	0,04	$Q=3,75943xP^{0,430399}$
Interlínea 12	Hidroten		0,02	0,03	$Q=3,22552xP^{0,487763}$
AmnomDrip	NaanDanJain Ibérica	0,02	0,02	0,02	$Q=1,99524xP^{0,0276302}$
Interlínea 16	NaanDanJain Ibérica		0,08	0,06	$Q=3,60934xP^{0,463382}$
Jain Emitter	NaanDanJain Ibérica	0,03	0,01	0,02	$Q=4,2358xP^{0,482271}$
J-Turboline	NaanDanJain Ibérica	0,02	0,01	0,02	$Q=3,06543xP^{0,474679}$
NaanPC	NaanDanJain Ibérica		0,06	0,07	$Q=3,27609xP^{0,104834}$
Tifdrip	NaanDanJain Ibérica	0,03	0,07	0,05	$Q=3,70889xP^{0,444218}$
PRO	Azud		0,00	0,03	$Q=4,18379xP^{0,473664}$
AGR	Azud		0,02	0,04	$Q=3,15374xP^{0,498693}$
Irridrip	Mondragon Soluciones		0,05	0,03	$Q=1,98437xP^{0,474063}$
Megadrip	Mondragon Soluciones	0,03	0,05	0,04	$Q=1,9288xP^{0,273114}$
Twin Drops Advanced	Mondragon Soluciones	0,01	0,03	0,03	$Q=3,98369xP^{0,388491}$
Acuario	Gestirriego	0,05	0,07	0,12	$Q=5,14509xP^{0,318056}$
Cardrip	Comercial Agrícola de Riegos		0,04	0,05	$Q=3,34583xP^{0,485898}$
Interlínea 3.5	Comercial Agrícola de Riegos	0,05	0,09	0,08	$Q=3,29897xP^{0,472523}$
Starcomp	Comercial Agrícola de Riegos		0,06	0,12	$Q=4,38239xP^{0,0246694}$
ADO Metzterplas	Extruline Systems		0,09	0,05	$Q=4,52218xP^{-0,0141037}$
Key Orvel	Extruline Systems	0,06	0,04	0,09	$Q=4,75822xP^{0,153382}$
Interlínea 16	Extruline Systems	0,05	0,02	0,08	$Q=3,77026xP^{0,508657}$
Interlínea 12	Extruline Systems	0,03	0,00	0,03	$Q=3,40393xP^{0,51944}$
LIN	Extruline Systems		0,06	0,04	$Q=3,15383xP^{0,480486}$
DripNet PC	Netafim		0,01	0,04	$Q=3,33987xP^{-0,0207132}$
PC-CNL	Netafim	0,03	0,02	0,04	$Q=2,86158xP^{0,0914451}$
PCJ	Netafim	0,03	0,01	0,03	$Q=3,13308xP^{-0,0166151}$

Tabla 13: Características técnicas de los goteros analizados.

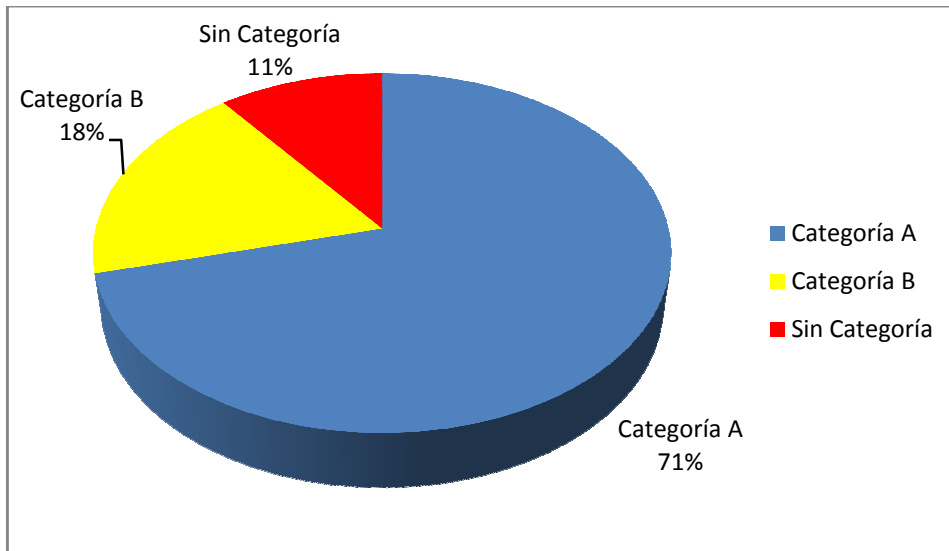
En la Figura 31 se muestra la distribución de los goteros analizados, en función del Coeficiente de Variación de fabricación obtenido durante la realización del primer muestreo en el invernadero, o muestreo inicial.



**Figura 31: Distribución de los goteros analizados, en función del Coeficiente de Variación de fabricación obtenido en el invernadero, durante el 1er muestreo.**

En el 42% de los goteros analizados se obtuvo un Coeficiente de Variación (CV) que varía desde 0,02 a 0,04. En otro 42% se obtuvo un CV superior a 0,04. Únicamente en un 16% de los goteros se observa un CV igual o inferior a 0,02.

Cabe destacar que según los datos obtenidos, podemos clasificar los goteros en categoría A, B y sin categoría, según la norma UNE 68-075, obteniendo la distribución que se muestra en la Figura 32.



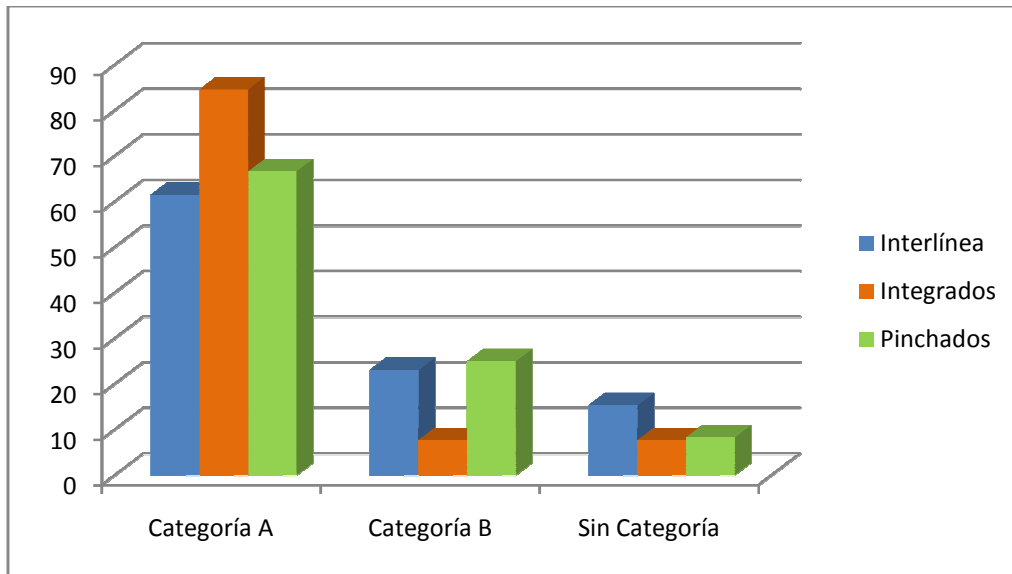
**Figura 32: Clasificación de los modelos de goteros analizados, según la norma UNE 68-075, en función del Coeficiente de Variación de fabricación (CV) obtenido en campo.**

Según los datos obtenidos en el muestreo inicial en campo, y teniendo en cuenta la norma UNE 68-075, observamos que el 71% de los modelos de campo son de Categoría A, con un Coeficiente de Variación de fabricación (CV) inferior a 0,05. El 18% de los modelos obtendrían una Categoría B, variando su CV entre 0,05 y 0,10; y únicamente el 11% de los modelos analizados tienen un CV superior a 0,10, obteniendo la calificación de Sin Categoría.

Los resultados muestran una gran calidad de fabricación, con categoría A en más del 70% de los emisores, además de observar que los de categoría B son prácticamente de categoría A, al no superar en exceso el 0,05 en su Coeficiente de Variación.

Además, podemos observar que los datos obtenidos se ajustan con bastante precisión a los facilitados por las empresas fabricantes, teniendo en cuenta que no todos los fabricantes facilitan este dato.

La Figura 33 muestra el porcentaje de goteros, clasificados según tipo de inserción, en función de la categoría obtenida con los datos del ensayo de campo y conforme a la ley UNE 68-075.

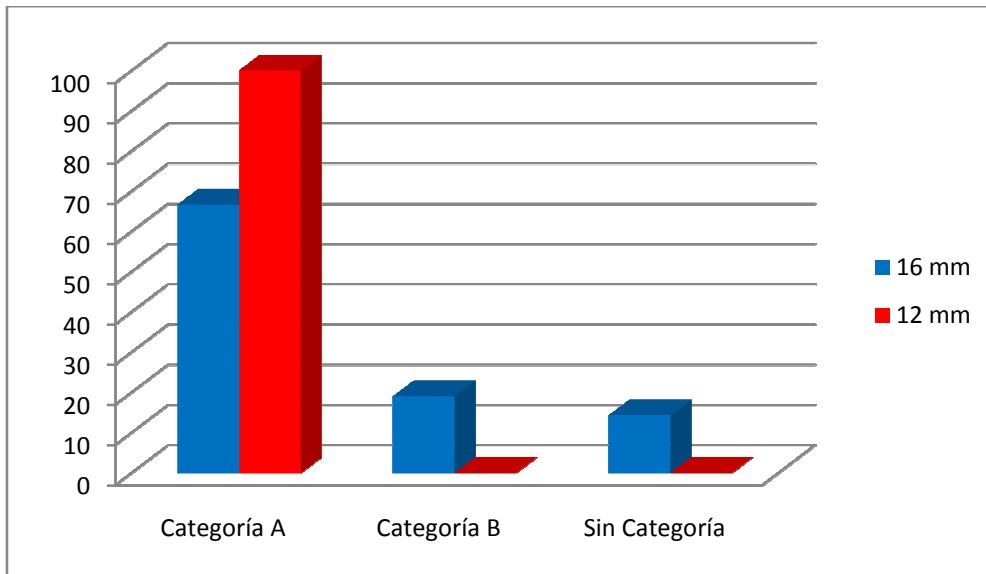


**Figura 33: Porcentaje de goteros de categoría A, B y sin categoría, clasificados según tipo de inserción, y conforme a la ley UNE 68-075, con los datos obtenidos en el ensayo de campo.**

Se observa en la gráfica que los emisores integrados son los de mayor calidad en su fabricación, con un 84,62% de emisores de categoría A. Los integrados y pinchados son prácticamente de igual calidad, ya que tienen un 61,54% y un 66,67% de modelos de emisores de categoría A.

Estos datos muestran que los emisores integrados tienen mayor desarrollo tecnológico en su fabricación, con una mayor uniformidad de fabricación, lo cual repercute en una mayor calidad en el riego.

La Figura 34 muestra el porcentaje de goteros, clasificados según diámetro interior de la tubería portagoteros, en función de la categoría obtenida con los datos del ensayo de campo, conforme a la ley UNE 68-075.

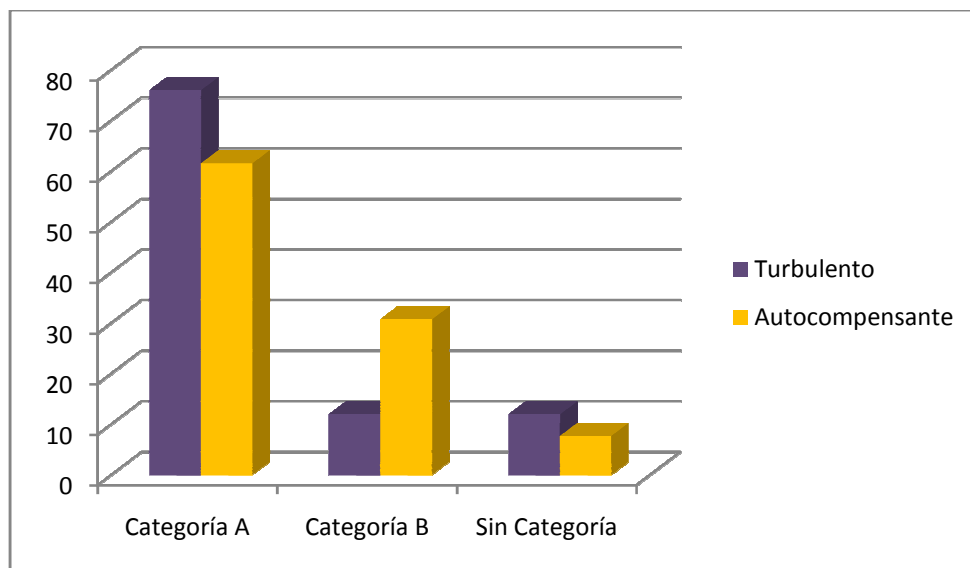


**Figura 34: Porcentaje de goteros de categoría A, B y sin categoría, clasificados según diámetro interior de la tubería portagoteros, y conforme a la ley UNE 68-075, con los datos obtenidos en el ensayo de campo.**

Los emisores cuyo diámetro de tubería es de 12 mm son de mayor calidad, ya que en el 100% de los casos son de categoría A respecto a su Coeficiente de Variación de fabricación (CV). En los emisores cuyo diámetro de tubería es de 16 mm, el 66,67% de los casos tienen un CV inferior a 0,05 y, por tanto, categoría A.

Estos resultados muestran la mejor calidad de fabricación de los emisores cuyo diámetro de tubería es de 12 mm. Esto puede ser consecuencia de que el gotero de 12 milímetros es el más instalado en la provincia, por lo que se podría pensar en un mayor progreso tecnológico en la fabricación de estos emisores. Aún así, esta tendencia está cambiando y se podría pensar que los emisores de 16 mm podrían verse mejorados en calidad en los próximos años, con un estancamiento en el perfeccionamiento de los emisores de 12 mm.

En la Figura 35 muestra el porcentaje de goteros, clasificados según capacidad de compensación de caudal respecto a la presión, en función de la categoría obtenida con los datos de campo, conforme a la ley UNE 68-075.



**Figura 35: Porcentaje de goteros de categoría A, B y sin categoría, clasificados según la capacidad de compensación de caudal respecto a la presión, y conforme a la ley UNE 68-075, con los datos obtenidos en el ensayo de campo.**

Los datos obtenidos pueden interpretarse como que los emisores turbulentos tienen un porcentaje de goteros de categoría A superior, con un 76%, mientras que los autocompensantes tienen un 61,54%. Por otro lado, los emisores autocompensantes tienen menos cantidad de modelos de emisores con un CV mayor a 0,10, con un 7,7%. Por su parte el 12% de los emisores turbulentos obtienen la calificación Sin Categoría, según la ley UNE 68-075.

Los resultados obtenidos confirman que en el proceso de fabricación, los emisores autocompensantes tienen menor uniformidad, porque el proceso de formación es más complicado, y hay más posibilidad de cometer error en la fabricación de la membrana, por lo que sin una tecnología adecuada y en buenas condiciones, los goteros autocompensantes obtienen menor uniformidad en su fabricación.

### 4.3. ENSAYOS DE CAMPO

Se realizó un muestreo mensual en campo durante un periodo de cuatro meses, tras los cuales se realizó el análisis estadístico de los resultados obtenidos, así como las diferencias entre la primera medida o medida inicial, y la cuarta medida o medida final.

La Tabla 14 muestra los resultados de uniformidad, representados por el Coeficiente de Uniformidad de Caudal (CUC) inicial y final, así como los resultados de obturación, representados por el porcentaje de goteros obturados respecto del total, y por el porcentaje medio de obturación obtenido. Todos los resultados vienen clasificados por cada uno de los modelos de emisores, para los cuales hemos dado un número, ordenados por la posición en la que se encuentran en el ensayo.



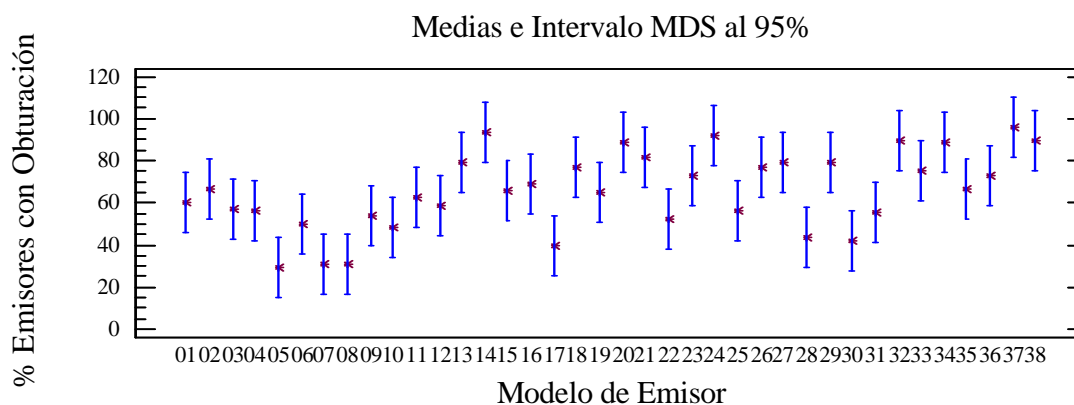
Nº Modelo	Nombre gotero	Fabricante	Emisores obturados (%)	Obturación total (%)	CUC Inicial (%)	CUC Final (%)
01	Jain Emitter	NaanDanJain Ibérica	60,42	2,16	98,09	94,15
02	Twin Drops Advanced	Mondragon Soluciones	66,67	1,46	97,18	96,59
03	Key Orvel	Extruline Systems	57,35	1,65	92,33	89,50
04	Interlínea 12	Extruline Systems	56,25	1,59	96,87	95,89
05	Pinchado desmontable	Hidroten	29,17	0,06	97,38	96,89
06	MB Escobar GE3	Marbroer	50,00	0,76	94,44	92,22
07	ADO Metzterplas	Extruline Systems	31,25	-0,44	94,37	93,24
08	Interlínea 12	Amacom	31,25	-0,63	96,63	96,82
09	MB Escobar GAE3	Marbroer	54,17	1,21	94,00	92,45
10	Pinchado autocompensante	Hidroten	48,51	1,03	87,90	84,83
11	Interlínea 12	Hidroten	62,50	1,10	97,49	97,30
12	NYA	Prima-Ram	58,33	1,76	96,16	95,98
13	PCJ	Netafim	79,17	2,42	96,40	97,29
14	Cónico desmontable	Hidroten	93,75	5,40	96,16	95,05
15	Acuario	Gestirriego	65,56	3,78	90,31	89,93
16	J-Turboline	NaanDanJain Ibérica	68,75	1,98	98,03	94,73
17	PC-CNL	Netafim	39,58	1,21	97,23	97,37
18	IT-S Interlínea	Marbroer	77,08	5,55	93,65	96,83
19	Hydrogol	John Deere	64,58	1,19	97,10	98,12
20	NaanPC	NaanDanJain Ibérica	88,89	7,22	90,76	88,69
21	Starcomp	Comercial Agrícola de Riegos	81,25	5,37	91,25	92,12
22	AGR	Azud	52,08	0,92	96,77	95,29
23	AmnomDrip	NaanDanJain Ibérica	72,92	2,66	96,93	97,99
24	Interlínea 16	Hidroten	91,67	6,94	96,09	97,08
25	LIN	Extruline Systems	56,25	0,65	95,28	93,93
26	Interlínea 3.5	Comercial Agrícola de Riegos	77,08	3,51	87,87	90,51
27	Interlínea 16	Amacom	79,17	3,58	97,18	95,23
28	PRO	Azud	43,75	-0,14	98,40	97,25
29	Interlínea 16	Extruline Systems	79,17	4,34	90,18	89,31
30	Megadrip	Mondragon Soluciones	41,67	0,20	96,08	95,59
31	Tifdrip	NaanDanJain Ibérica	55,42	1,03	95,06	95,17
32	Irridrip	Mondragon Soluciones	89,58	8,64	95,82	93,05
33	Interlínea desmontable	Hidroten	75,00	3,73	96,85	95,79
34	Interlínea 16	NaanDanJain Ibérica	88,62	4,46	94,16	93,64
35	Cardrip	Comercial Agrícola de Riegos	66,67	1,48	93,97	92,78
36	IT-N Interlínea	Marbroer	72,92	6,70	89,90	86,20
37	Hydro-PC	John Deere	95,83	6,28	96,38	95,51
38	DripNet PC	Netafim	89,58	4,54	96,08	95,90
Valor MDS al 95%			28,46	3,78	3,05	3,24

Tabla 14: Resultados de uniformidad y obturación obtenidos tras la cuarta medición del ensayo de campo.

### 4.3.1. Obturación de emisores

En la obturación, se obtuvieron los datos, clasificados por modelos de emisor, del porcentaje de emisores que se encontraban obturados, respecto al total de 48 emisores analizados de cada modelo. Además se realizó un promedio del porcentaje de obturación de cada modelo de emisor, tomando los valores medios de cada una de las 3 repeticiones, siempre eligiendo como referencias el muestreo inicial (primero) y el muestreo final (cuarto).

En la Figura 36 se muestra una gráfica que representa el porcentaje de emisores obturados respecto del total de 48 emisores muestreado en cada uno de los 38 modelos analizados, quedando representado el intervalo de Mínima Diferencia Significativa (MDS) al 95%.

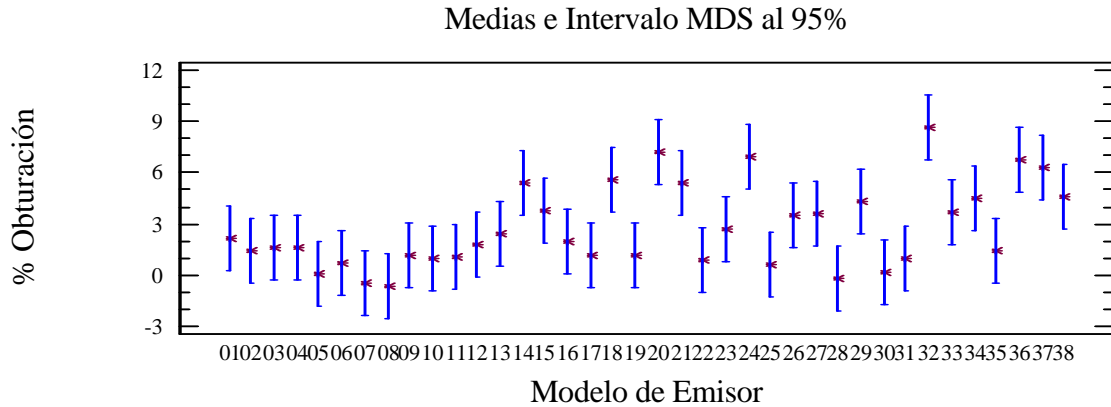


**Figura 36: Porcentaje de emisores obturados de cada modelo de emisor, quedando representado el intervalo de Mínima Diferencia Significativa (MDS) al 95%.**

El porcentaje de emisores obturados para cada modelo analizado va desde el modelo 37, que presenta un 95,83% de emisores que presentan obturación, hasta 29,17% de emisores obturados en el modelo 5. El porcentaje medio de emisores obturados para los 38 modelos es de 66,57%. La media de goteros obturados es muy elevada, lo que demuestra que el agua residual regenerada usada en el ensayo obtura todos los emisores analizados, aún teniendo en cuenta que algunos modelos de emisores se obturan en mayor número que otros. Esto también demuestra la necesidad de una limpieza periódica de los emisores.

En el análisis estadístico podemos observar que hay diferencias significativas, ya que el P-Valor es inferior a 0,05. El valor de Mínima Diferencia Significativa (MDS) tomada al 95% es de 28,46%, lo que demuestra que hay gran diferencia entre los distintos modelos de emisores.

En la Figura 37 se muestran una gráfica con el porcentaje medio de obturación de los 48 emisores muestreados para cada uno de los 38 modelos analizados, representándose además el intervalo de Mínima Diferencia Significativa (MDS) al 95%.

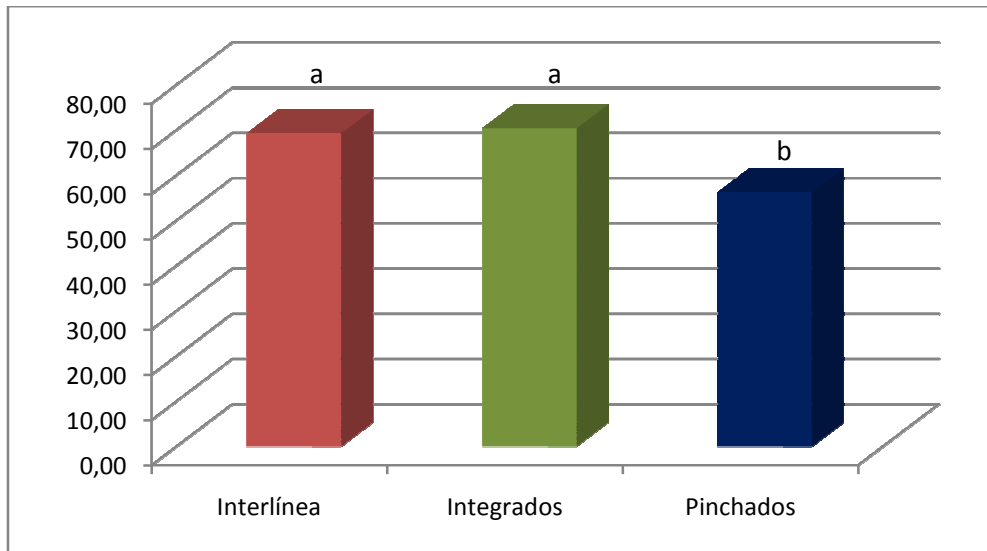


**Figura 37: Porcentaje medio de obturación de cada modelo de emisor, quedando representado el intervalo de Mínima Diferencia Significativa (MDS) al 95%.**

El porcentaje máximo de obturación de los 38 modelos viene dado por el modelo 32, con un 8,64%. En algunos emisores no ha habido obturación, llegando incluso a descargar mayor cantidad de agua y obteniendo un porcentaje de obturación negativo. El modelo de emisor con el porcentaje de obturación más negativo ha sido el 8, con un -0,63%. El porcentaje medio de obturación de los 38 modelos es de 2,77%. Este porcentaje no es muy elevado, por lo que esto demuestra que aún tras ver en la Figura 36 que había gran cantidad de emisores obturados, esta obturación no es muy elevada. Sin embargo, al ver el progreso durante el transcurso de los 4 muestreos, se puede pensar que habrá problemas de obturación cuando se continúe regando con el agua residual regenerada durante un mayor periodo de tiempo. Por lo tanto, es necesario un mantenimiento de los emisores, con una limpieza periódica de los mismos, para evitar problemas de uniformidad de riego y que esto limite el desarrollo de las plantas.

En el análisis estadístico podemos observar que hay diferencias significativas, ya que el P-Valor es inferior a 0,05. El valor de Mínima Diferencia Significativa (MDS) tomada al 95% es de 3,78%, lo que demuestra que hay gran diferencia entre los distintos modelos de emisores.

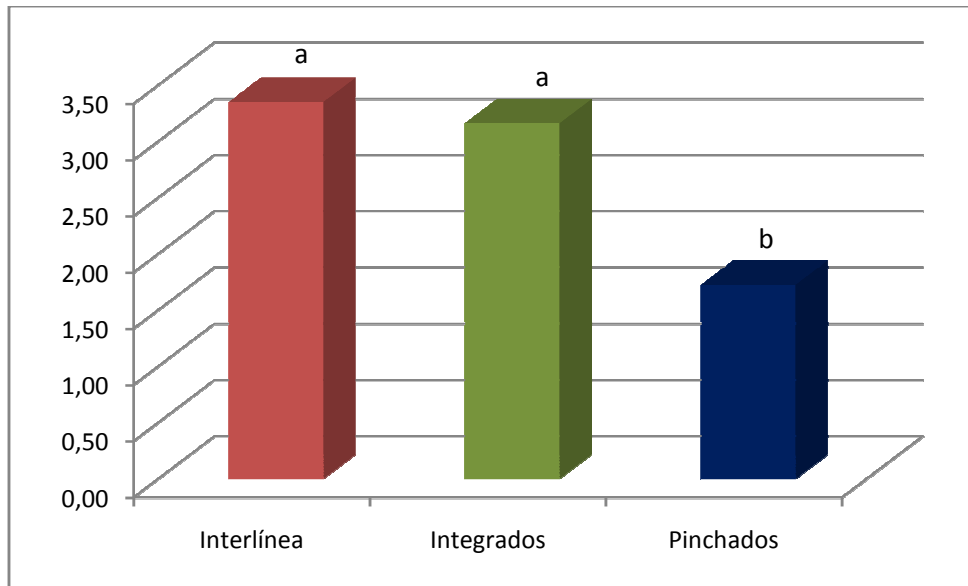
A la hora de clasificar los emisores, utilizamos como característica el tipo de inserción del emisor en la tubería. Así, la Figura 38 muestra el porcentaje de emisores obturados, en función del tipo de inserción del emisor en la tubería.



**Figura 38: Porcentaje de emisores obturados, en función del tipo de inserción del emisor en la tubería.**

Los goteros pinchados se obturan en menor número, observando como únicamente el 56,30% de los emisores se han obturado tras estos 4 muestreos. Los que más se obturan son los modelos integrados, con un 70,40% de emisores que presentan obturación. Los modelos de tipo interlínea se han obturado en un 69,32% de los casos. Hay bastantes diferencias entre los interlínea e integrados, respecto a los pinchados, mostrando que estos últimos se obturan en mucho menor número, lo cual nos puede indicar que el movimiento de la membrana en los modelos autocompensantes, en los cuáles estas diferencias son más marcadas, consigue que disminuya la obturación, al realizar un “efecto ventosa” que actúa físicamente sobre la obturación del laberinto.

La Figura 39 muestra el porcentaje medio de obturación de los emisores, clasificados en función del tipo de inserción del gotero en la tubería.



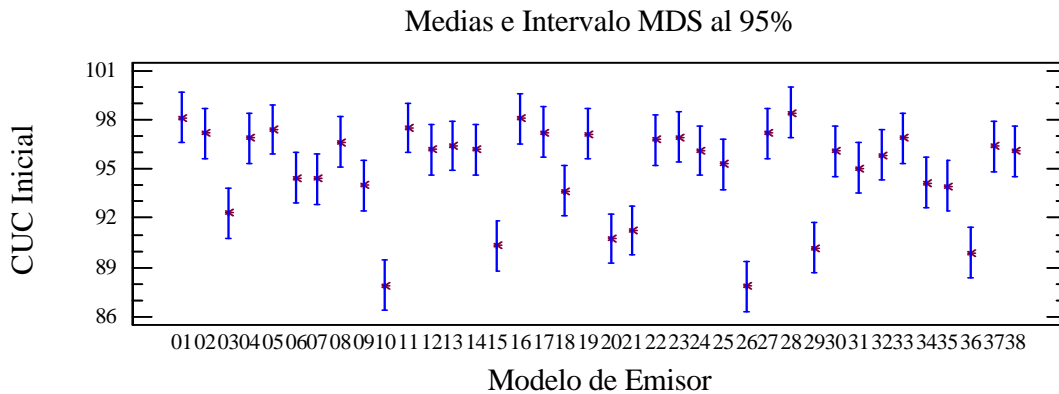
**Figura 39: Porcentaje medio de obturación de los emisores, en función del tipo de inserción del emisor en la tubería.**

Los goteros pinchados son los que menor porcentaje medio de obturación presentan, con un 1,72%. Los integrados e interlínea presentan porcentajes medios de obturación similares, con un 3,35% y un 3,16%. En la gráfica se puede observar como, tanto los emisores integrados como los interlínea se han obturado en mayor medida que los pinchados, llegando a casi duplicar el valor obtenido para éstos. Esto podría deberse al movimiento de la membrana de compensación en los modelos autocompensantes, que actúa físicamente con un movimiento parecido al de una ventosa, disminuyendo la obturación en el laberinto del emisor.

#### 4.3.2. Uniformidad de riego

En la uniformidad de riego, se midió el Coeficiente de Uniformidad de Caudal, para observar si había o no peor uniformidad de riego tras el uso reiterado de agua residual urbana regenerada.

En la Figura 40 se muestra una gráfica en la cual viene representado el Coeficiente de Uniformidad de Caudal (CUC) inicial, en tanto por ciento, de los 38 modelos de emisores, informándose además el intervalo de Mínima Diferencia Significativa (MDS) al 95%. Éste se tomó durante el primer muestreo.



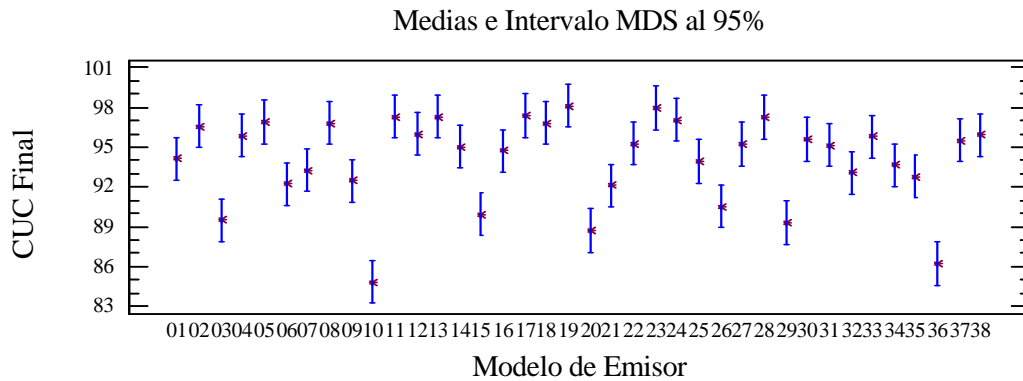
**Figura 40: Coeficiente de Uniformidad de Caudal (CUC) inicial, en tanto por cien, de los 38 modelos analizados, representándose el intervalo de Mínima Diferencia Significativa (MDS) al 95%.**

El CUC inicial muestra una uniformidad media de los 38 modelos de 94,91%. El modelo 28, con una uniformidad inicial del 98,40%, es el que ha obtenido un mejor resultado. El modelo 26 es el de peor uniformidad inicial, con un 87,87%.

En el análisis estadístico podemos observar que hay diferencias significativas, ya que el P-Valor es inferior a 0,05. El valor de Mínima Diferencia Significativa (MDS) tomada al 95% es de 3,05%, lo que demuestra que hay diferencia entre los distintos modelos de emisores.

Se observa en la gráfica que el Coeficiente de Uniformidad de Caudal es siempre superior al 85%, lo que muestra una buena uniformidad de riego, en la calificación de Merriam y Keller, en todos los modelos analizados, llegando incluso a un CUC medio de casi 95%, valor por encima del cual se considera excelente la uniformidad (Merriam y Keller, 1978).

La Figura 41 muestra una gráfica en la que viene representado el Coeficiente de Uniformidad de Caudal (CUC) final, en tanto por cien, de los 38 modelos analizados, informando además del intervalo de Mínima Diferencia Significativa (MDS) al 95%.



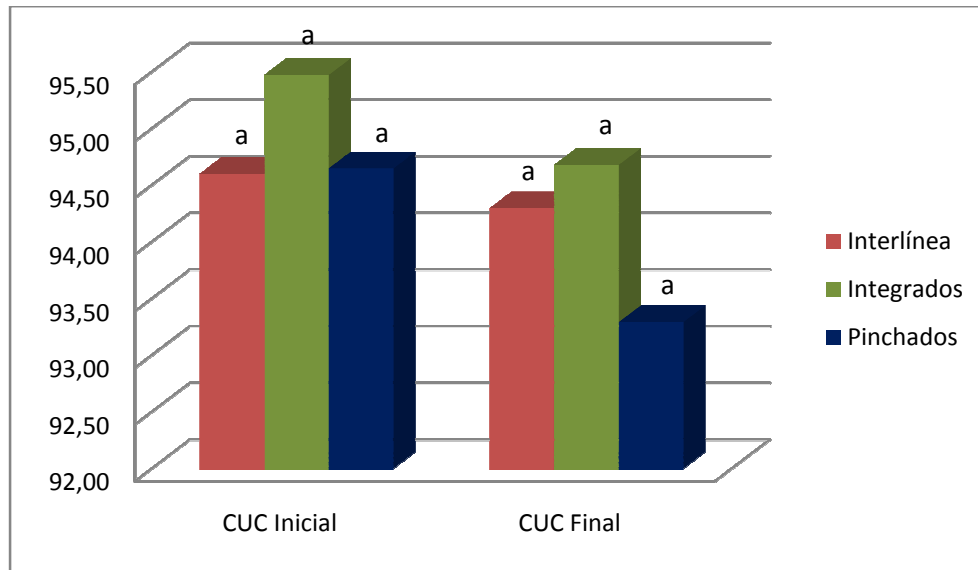
**Figura 41: Coeficiente de Uniformidad de Caudal (CUC) final, en tanto por cien, de los 38 modelos analizados, representando el intervalo de Mínima Diferencia Significativa (MDS) al 95%.**

El Coeficiente de Uniformidad de Caudal (CUC) final no mostró grandes diferencias con el inicial, obteniéndose una media de los 38 modelos de 94,11%. El modelo de emisor 19 fue el que mayor uniformidad mostró, con un 98,12%. El modelo 10, sin embargo, mostró problemas de uniformidad, con un 84,83% de CUC final.

En el análisis estadístico podemos observar que hay diferencias significativas, ya que el P-Valor es inferior a 0,05. El valor de Mínima Diferencia Significativa (MDS) tomada al 95% es de 3,24%, lo que demuestra que hay diferencia entre los distintos modelos de emisores.

El descenso de uniformidad de caudal entre el muestreo inicial y final es mínimo. Pensamos que se obtendrán mayores diferencias cuando el ensayo se prolongue durante varias campañas más.

Tras obtener estos resultados, decidimos analizar los datos en función del tipo de inserción del gotero con la tubería, clasificando antes los emisores en interlínea, integrados y pinchados. Así, la Figura 42 muestra el CUC inicial y final de los modelos analizados, tras clasificarlos en interlínea, integrados y pinchados.



**Figura 42: CUC inicial y final de los modelos analizados, en función del tipo de inserción del gotero en la tubería.**

Observando la gráfica, hay un ligero descenso en la uniformidad de riego, aunque no muy marcado, ya que no obtenemos diferencias significativas entre ambas gráficas. Los emisores interlínea son los que menos disminuyeron su CUC entre el muestreo inicial y el final, desde un 94,60% a un 94,30%. Los integrados tienen un CUC inicial de 95,47%, y un CUC final de 94,68%. Los goteros pinchados son los que muestran una tendencia de disminución de uniformidad más marcada, tras obtener un CUC inicial de 94,65% y un CUC final de 93,29%. Aún así, tras la realización del análisis estadístico, se ha considerado que no hay diferencias significativas entre ellos.

Con estos datos, se puede pensar que los goteros pinchados podrían tener algún tipo de problema de uniformidad tras el transcurso de un tiempo. Los integrados e interlínea dan menores problemas de uniformidad con el uso de agua residual urbana regenerada. Esto se debe a que el gotero pinchado tiene más deficiencias en el proceso de fabricación, viéndose un descenso muy marcado en la uniformidad con el transcurso del tiempo.