

## SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA PARA EVALUAR LA DISPONIBILIDAD DE PUNTOS LIMPIOS EN LA PROVINCIA DE CASTELLÓN

Enrique Moliner

Carlos Muñoz

Daniel Garraín

Rosario Vidal

*Grupo de Ingeniería del Diseño (GID), Universidad Jaume I, Castellón, España*

### Abstract

The civic amenity sites are facilities for selective collection where citizens have to remove those special domestic wastes that require to be managed apart from other household waste (furniture, rubble, electrical appliances, household oils, etc.). The availability of civic amenity sites is usually limited to the most populated regions, while small populations far from large villages have problems to access to these facilities. In the case of the province of Castellon (Spain), the inland municipalities do not have nearby any clean point.

In order to improve this situation, the Integrated National Waste Plan (PNIR) and the Regional Waste Plans of the Community of Valencia (PZRCV) establish criteria and measures to expand the availability of civic amenity sites in the near future.

This paper presents a study focused on the use of Geographic Information Systems (GIS) to assess the availability of civic amenity sites in terms of population served, considering the distance that people are willing to cover for disposing of their waste properly. Thereby, we have assessed the current availability of civic amenity sites in the province of Castellon and the future availability planned by PNIR and PZRCV, and we have compared the effectiveness of proposed solutions by both plans.

**Keywords:** *civic amenity sites; availability of facilities; GIS; waste plans*

### Resumen

Los puntos limpios son centros de recogida selectiva donde los ciudadanos deben depositar aquellos residuos domésticos especiales que requieren una gestión diferenciada del resto de basuras domiciliarias (muebles, escombros, electrodomésticos, aceites domésticos, etc.). Actualmente, la disponibilidad de puntos limpios suele estar limitada a las regiones más pobladas, mientras que las pequeñas poblaciones alejadas de los grandes núcleos difícilmente pueden acceder a estas instalaciones. En el caso de la provincia de Castellón, los municipios del interior no disponen de puntos limpios cercanos.

Para mejorar esta situación, el Plan Nacional Integrado de Residuos (PNIR) y los Planes Zonales de Residuos de la Comunidad Valenciana (PZRCV) establecen criterios y medidas para ampliar la disponibilidad de puntos limpios en un futuro próximo.

Esta comunicación presenta un estudio basado en el uso de Sistemas de Información Geográfica (GIS) para evaluar la disponibilidad de puntos limpios en términos de población

atendida, considerando la distancia que los ciudadanos están dispuestos a recorrer para depositar sus residuos correctamente. De este modo, se evalúa la disponibilidad actual de puntos limpios en la provincia de Castellón y la disponibilidad futura según las previsiones del PNIR y de los PZRCV, comparando la efectividad de las soluciones propuestas por ambos planes.

**Palabras clave:** *puntos limpios; ecoparques; disponibilidad de instalaciones; GIS; planes de residuos*

## 1. Introducción

Los residuos constituyen uno de los problemas ambientales más graves de las sociedades modernas. El desarrollo económico, la industrialización y la implantación de modelos económicos que basan el crecimiento en el aumento sostenido del consumo, han supuesto una variación significativa en la composición de los residuos y un incremento continuo de las cantidades en que son producidos. Durante las últimas décadas se han incorporado de forma masiva nuevos materiales –plásticos sintéticos y otros–, y han aumentado considerablemente su proporción otros como los metales, los derivados de la celulosa o el vidrio, que antes se reutilizaban abundantemente y ahora se desechan con gran profusión. A este tipo de residuos se le suma la aparición de otros residuos especiales de gran potencial contaminante como las pilas y baterías, los aceites minerales, las lámparas fluorescentes o los electrodomésticos. La mayor parte de los nuevos materiales y sustancias contenidos en los residuos especiales no son asimilables directamente por el medio natural, pues proceden de sistemas que han alterado los procesos de la química natural. Como consecuencia, el problema de los residuos no sólo se limita al volumen en que se generan, sino que se extiende a la naturaleza de los mismos. El problema de los residuos se agrava aún más cuando su gestión ambiental se realiza de forma inapropiada, pudiendo ocasionar efectos perjudiciales sobre el medio ambiente y sobre la salud pública.

Los puntos limpios –también conocidos como “ecoparques”– son instalaciones concebidas para recoger de forma selectiva aquellos residuos domésticos que debido a sus características especiales –peligrosidad o dimensiones– requieren una gestión diferenciada del resto de basuras domiciliarias. Entre los diversos tipos de residuos especiales admitidos en los puntos limpios destacan los siguientes: enseres y voluminosos, escombros, maderas, papel y cartón, plásticos, metales, vidrio, textiles, restos de poda, aceites domésticos, pilas y baterías, lámparas fluorescentes y bombillas de bajo consumo, electrodomésticos y otros aparatos eléctricos y electrónicos, envases contaminados y otros residuos peligrosos.

Los puntos limpios son sistemas de recogida pasiva, ya que los ciudadanos deben desplazarse por sus propios medios hasta las instalaciones y realizar el depósito selectivo de los residuos en cada uno de los contenedores específicos, para permitir su reutilización, reciclado o eliminación posteriores. Por lo tanto, para garantizar la correcta gestión ambiental de los residuos domésticos especiales es necesario contar con la colaboración activa de los ciudadanos (Perrin & Barton, 2001; Thomas, 2001).

Son numerosos los estudios estadísticos basados en encuestas a la población que analizan los factores que influyen sobre la motivación de los ciudadanos a la hora de reciclar. La mayoría de estos estudios apuntan a la escasez de instalaciones cercanas como uno de los principales impedimentos (Coggins, 1994; Belton et al., 1994; McDonald & Ball, 1998; Perrin & Barton, 2001; Speirs & Tucker, 2001; González-Torre & Adenzo-Díaz, 2005; Martin et al., 2006). Además, varios estudios destacan la importancia que tiene la diversidad de materiales admitidos en los puntos limpios, siendo éste uno de los principales factores que motivan la participación ciudadana (Speirs & Tucker, 2001; Harder et al., 2006; Martin et al., 2006). Otro inconveniente que señalan algunos ciudadanos es la falta de espacio en sus domicilios para almacenar temporalmente los residuos especiales (Jenkins et al., 2000;

González-Torre & Adenzo-Díaz, 2005). No obstante, la falta de espacio en los domicilios puede ser compensada incrementando la frecuencia con la que los ciudadanos acuden a los puntos limpios, aunque ello requiere mejorar la disponibilidad de instalaciones cercanas y accesibles. En definitiva, la participación ciudadana en la gestión eficaz de los residuos especiales depende de la disponibilidad de puntos limpios próximos y capaces de admitir numerosos tipos de residuos.

En la actualidad, existen un total de diez puntos limpios en la provincia de Castellón, de los cuales nueve se encuentran operativos. Además, pronto se sumarán otros tres que se encuentran en construcción. La actividad en las instalaciones disponibles es adecuada, admitiendo una variedad de residuos específicos cada vez mayor. Estos residuos son posteriormente destinados a las instalaciones específicas de tratamiento que les corresponde en cada caso particular. La recepción de residuos en los puntos limpios es considerable y, además, crece continuamente gracias a la colaboración de los ciudadanos, que cada vez están más concienciados. Por el contrario, la localización de los puntos limpios no es adecuada, ya que su distribución espacial se encuentra completamente desequilibrada a nivel provincial. Parece ser que la ubicación de los puntos limpios se ha realizado respondiendo únicamente a los niveles de población en los municipios, sin tener en cuenta la distribución geográfica de los mismos. Como consecuencia, en toda la franja interior de la provincia no se encuentran instalaciones de este tipo. Esto motiva que algunos habitantes de estas poblaciones, ante la indisponibilidad de instalaciones próximas donde retirar los residuos especiales de forma correcta, acaban por desecharlos conjuntamente con el resto de basuras domiciliarias.

Para poder garantizar la gestión adecuada de los residuos domiciliarios especiales es necesario poner al alcance de todos los ciudadanos instalaciones cercanas donde depositar este tipo de residuos. En este sentido, el Plan Nacional Integrado de Residuos (PNIR) y los Planes Zonales de Residuos (PZRCV) incluyen entre sus propuestas la implantación de nuevas instalaciones para mejorar la red de puntos limpios e incrementar su disponibilidad, con la finalidad de dar respuesta a la práctica totalidad de la población.

## **2. Objetivos**

El presente estudio tiene como objetivo evaluar la disponibilidad de puntos limpios en la provincia de Castellón, en términos de población atendida, mediante la utilización de un Sistema de Información Geográfica (GIS). Para ello, se determina la población a la que prestan servicio los puntos limpios en función de la distancia que los ciudadanos están dispuestos a recorrer para depositar sus residuos especiales correctamente. Asimismo, se evalúa la disponibilidad potencial de puntos limpios en la provincia de Castellón para los escenarios futuros propuestos por el PNIR y por los PZRCV. Finalmente, se compara la efectividad de las soluciones planteadas por el PNIR y por los PZRCV con el fin de determinar la solución óptima.

## **3. Metodología y caso de estudio**

El desarrollo del presente estudio requiere una etapa previa de recopilación de información para conocer la configuración actual y futura de la red provincial de puntos limpios.

Por un lado, se determina la localización de los puntos limpios disponibles actualmente en la provincia de Castellón y se recopila información sobre la actividad en estas instalaciones. Generalmente, las instalaciones son propiedad de las entidades locales, aunque es práctica habitual ceder los derechos de explotación de la actividad a empresas privadas. La mayoría de las empresas explotadoras de los puntos limpios, bajo la autorización de los

ayuntamientos correspondientes, han facilitado datos de recepción de residuos en las instalaciones durante el año 2007.

Por otro lado, se determina la posible configuración futura de la red de puntos limpios en la provincia de Castellón. En este caso, se plantean dos escenarios hipotéticos diferentes de acuerdo a las medidas previstas por el PNIR y por los PZRCV. El primer escenario está basado en las medidas del PNIR (MMA, 2008), que establece la necesidad de ampliar la red actual de puntos limpios, dotando de estas instalaciones a todos los municipios de más de 2.000 habitantes antes del año 2015. Según el PNIR, sólo los puntos limpios ubicados en municipios con más de 10.000 habitantes estarán habilitados para recibir residuos peligrosos de origen doméstico. Para los municipios con poblaciones entre 1.000 y 10.000 habitantes se implantará un servicio de recogida de residuos peligrosos mediante puntos limpios móviles. El segundo escenario está basado en las medidas de los PZRCV (CMAAUV, 2001, 2002 y 2004), que establecen de manera específica las instalaciones que deben implantarse en cada municipio de la provincia de Castellón para garantizar la correcta gestión ambiental de los residuos.

Una vez determinada la configuración actual y futura de la red de puntos limpios en la provincia de Castellón, se procede a estimar la población provincial que dispone de puntos limpios próximos en cada caso, es decir, en la situación actual y en la situación futura según los dos escenarios hipotéticos planteados. Con este fin, se opta por emplear un GIS, que puede definirse como un sistema de hardware, software y procedimientos elaborados para facilitar la obtención, gestión, manipulación, análisis, modelado, representación y salida de datos espacialmente referenciados, para resolver problemas complejos de planificación y gestión (NCGIA, 1990). Teniendo en cuenta el carácter geoespacial del presente estudio, las herramientas analíticas que ofrece el GIS, concretamente las herramientas de análisis de proximidad y de análisis de superposición, resultan de gran utilidad para evaluar la disponibilidad de puntos limpios en términos de población atendida.

En primer lugar, se determina la cobertura de los puntos limpios en función de la distancia que los ciudadanos están dispuestos a recorrer para retirar sus residuos en condiciones adecuadas. Para ello, se realiza un análisis de proximidad o "buffering", que facilita la obtención de las áreas de influencia de cada uno de los puntos limpios. Previamente es necesario conocer la distancia que los ciudadanos están dispuestos a recorrer hasta las instalaciones. Woodard et al. (2004) establecen el área de influencia de los puntos limpios mediante un radio de cobertura de 5 km. Este resultado está basado en un estudio estadístico, a partir de encuestas a la población en una región de Reino Unido, según el cual el 97% de los usuarios de los puntos limpios proceden de ubicaciones situadas a menos de 5 km. En España, de acuerdo a la experiencia existente, se fija como máximo un recorrido de 10 minutos por carretera hasta el punto limpio más cercano (de las Cuevas et al., 2007). De hecho, según un estudio realizado por González-Torre y Adenso-Díaz (2005) solamente un 0,7% de los ciudadanos recicla sus residuos cuando las distancias a recorrer para ello requieren tiempos mayores de 10 minutos. En condiciones normales, puede suponerse que los 10 minutos de recorrido máximo por carretera que plantea de las Cuevas et al. (2007) equivalen al radio de cobertura de 5 km propuesto por Woodard et al. (2004). Por lo tanto, se opta por realizar un "buffer" de 5 km alrededor de los puntos limpios para determinar su área de influencia. Adicionalmente, se plantean otros escenarios donde los ciudadanos estarían dispuestos a recorrer distancias mayores, ampliándose de este modo el área de influencia de los puntos limpios; concretamente, se realizan "buffers" de 10, 15 y 20 km alrededor de las instalaciones.

En segundo lugar, se determina la población servida por los puntos limpios para cada una de las áreas de influencia supuestas (coberturas de 5, 10, 15 y 20 km de radio alrededor de las instalaciones). Para ello, se realiza un análisis de superposición o "geoprocessing", mediante el cual las áreas de influencia de los puntos limpios determinadas anteriormente

se cruzan con los datos demográficos asociados a tales áreas. Los datos demográficos, introducidos previamente en el GIS, corresponden a las cifras oficiales de población en cada municipio, publicadas anualmente por el Instituto Nacional de Estadística (INE, 2007).

De este modo, se logra estimar la disponibilidad de puntos limpios en la provincia de Castellón, en términos de población atendida, considerando diferentes áreas de cobertura de los puntos limpios en función de la distancia que los ciudadanos están dispuestos a recorrer. El procedimiento empleado para determinar la disponibilidad de puntos limpios mediante el uso de un GIS es el mismo tanto para el escenario actual como para los dos escenarios supuestos para el futuro.

Finalmente, una vez determinada la disponibilidad de puntos limpios en cada uno de los escenarios objeto de estudio, se compara la situación actual con las posibles situaciones futuras según el PNIR y los PZRCV. Esta comparación permite determinar el incremento en la disponibilidad que introducen las medidas correctoras propuestas por cada uno de los planes. Además, se comparan las soluciones propuestas por el PNIR y por los PZRCV, no solo en términos de disponibilidad sino también en términos de viabilidad, con la finalidad de comprobar cuál de estas soluciones es más adecuada.

## **4. Resultados y discusión**

### **4.1. Escenario actual de puntos limpios**

En la actualidad, operan en la provincia de Castellón un total de nueve puntos limpios. Además, existen varias instalaciones de este tipo en construcción y otra ya construida que actualmente no se encuentra operativa. En la Figura 1 se muestra la localización geográfica de todas estas instalaciones.

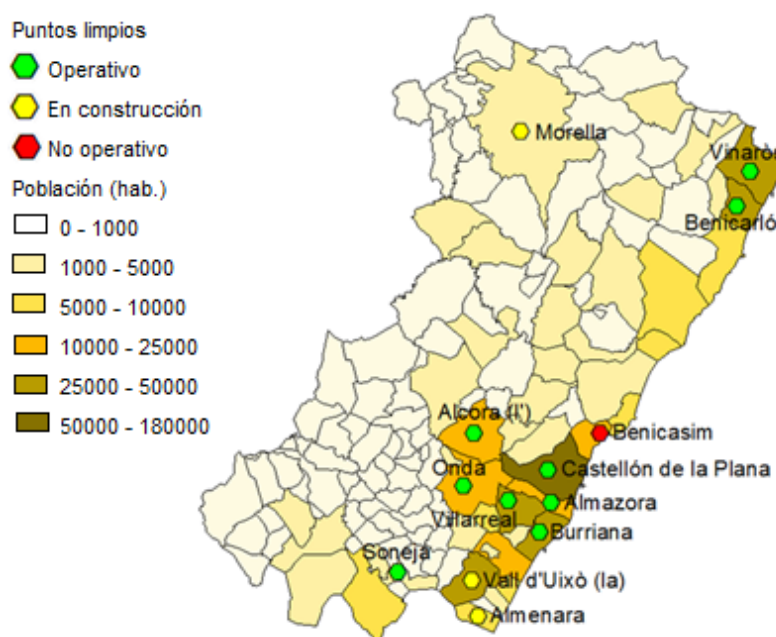
Siete de los nueve puntos limpios operativos han facilitado datos referidos a la recepción de residuos en el ejercicio 2007. Los datos proporcionados muestran las cuantías de las diferentes fracciones de residuos admitidas. La cantidad total de residuos recogidos en dichas instalaciones en el año 2007 asciende a 5.105 toneladas. Alrededor del 30% de estos residuos corresponden a escombros; el 20% se compone de enseres y voluminosos; los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEEs) suponen poco más del 19%; las fracciones de residuos de maderas y residuos de papel y cartón se sitúan en el 10% cada una; los restos de poda suponen casi un 6% y los plásticos cerca del 2%; el resto de residuos –básicamente vidrio y metales, aunque también textiles, aceites usados, baterías, pilas y otros residuos peligrosos– representa poco más del 2% sobre el total de residuos recibidos.

El objetivo de los puntos limpios es conseguir una gestión adecuada para cada residuo recogido, dando prioridad a la recuperación, reciclado y valorización, antes que a la eliminación en vertedero. Por lo tanto, según la naturaleza de las fracciones de residuos recibidas y sus posibilidades de aprovechamiento, éstas son entregadas a gestores autorizados para su transporte hasta las plantas de tratamiento específico. Dada la heterogeneidad de los residuos recibidos en los puntos limpios de la provincia de Castellón, se aplican diferentes tratamientos para cada una de las fracciones:

- Los escombros se transportan hasta el vertedero de residuos inertes más cercano. Algunos de los vertederos de residuos inertes disponen de líneas de recuperación para ciertas fracciones de residuos (metales, maderas, plásticos, vidrio, áridos, etc.).
- Los enseres y voluminosos se transportan hasta alguno de los vertederos autorizados de residuos urbanos, salvo cierto mobiliario susceptible de valorización.

- Los RAEEs (baterías y pilas, electrodomésticos, lámparas fluorescentes y otros aparatos eléctricos) se remiten a plantas de tratamiento ubicadas en la provincia de Valencia. En estas plantas se procede a la descontaminación de los RAEEs mediante la extracción de los componentes peligrosos (CFC, PCB, materiales piroretardantes bromados, baterías y pilas, etc.), los cuales son retirados por gestores autorizados que garantizan su valorización y/o eliminación en condiciones seguras. Posteriormente, se separan y clasifican los materiales susceptibles de aprovechamiento (plásticos, metales, vidrio, etc.) y se envían a los recicladores correspondientes.
- Las maderas, el papel y cartón, los plásticos, los metales, el vidrio y los textiles se envían a los recicladores correspondientes en cada caso.
- Los restos de poda y jardinería recogidos en la mayoría de los puntos limpios se destinan a la planta de tratamiento de Onda, donde se utilizan para elaborar compost.
- El resto de residuos peligrosos (aceites, pinturas, disolventes, envases contaminados, etc.) se envían a las plantas de tratamiento de residuos peligrosos en Villareal y L'Alcora, donde se recuperan ciertas fracciones y el resto se eliminan en condiciones seguras.

**Figura 1: Distribución actual de puntos limpios en la provincia de Castellón**



El funcionamiento de los puntos limpios en la provincia de Castellón es adecuado, ya que se admite una amplia variedad de residuos especiales y, posteriormente, se destinan a las instalaciones de tratamiento apropiadas. Además, cada vez son mayores las categorías de residuos aceptadas y las cantidades recogidas. Una prueba de ello es el punto limpio de Castellón de la Plana, que ha pasado de recibir 1.200 toneladas de residuos en el año 2007 a recibir más de 2.300 toneladas en el año 2008. Este notable incremento se debe a las legislaciones nacionales y autonómicas que regulan los distintos flujos de residuos de forma específica y a la creciente concienciación medioambiental de los ciudadanos.

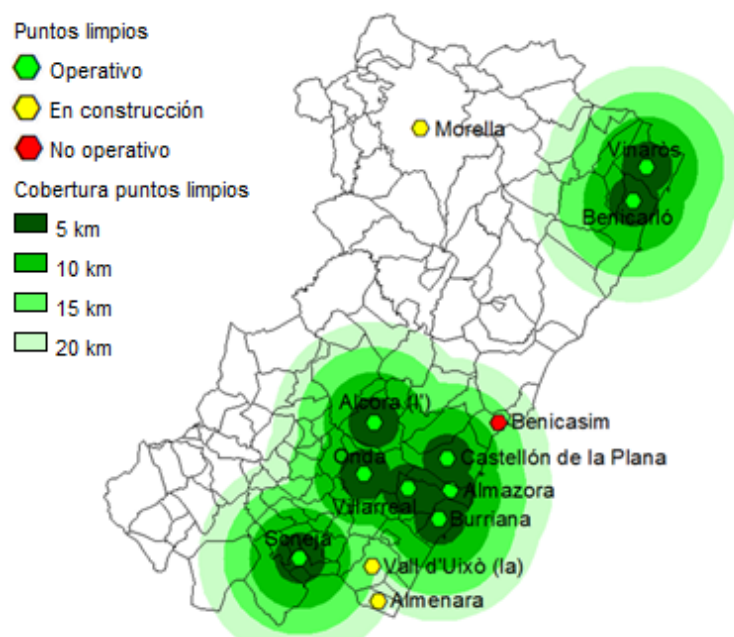
La capacidad de los puntos limpios disponibles en la provincia de Castellón es suficiente para gestionar con eficacia los residuos que reciben, sin embargo, la distribución de las instalaciones no se encuentra equilibrada a nivel geográfico. Como se puede observar en la Figura 1, los puntos limpios actuales están dispuestos en base a un criterio demográfico con la finalidad de dar respuesta a los principales focos de generación de residuos. De hecho, la

mayoría de municipios que poseen una población elevada disponen de su propio punto limpio. Como consecuencia, la mayor parte de los puntos limpios operativos se encuentran centralizados en torno al núcleo de población principal de la provincia (formado por Castellón de la Plana y los municipios colindantes). El resto de puntos limpios operativos también se encuentran agrupados sobre el otro núcleo de población significativa (constituido por Vinaròs y Benicarló).

La concentración geográfica de los puntos limpios en torno a los núcleos más poblados implica una serie de deficiencias. El problema más alarmante es la ausencia total de puntos limpios en la franja interior de la provincia. Como consecuencia, una gran parte de los residuos domésticos especiales generados en los municipios del interior rara vez son gestionados adecuadamente, sino que suelen terminar en la basura común contaminando las mezclas de residuos municipales. La gestión adecuada de los residuos domiciliarios especiales requiere la colaboración ciudadana, para su separación en origen y traslado hasta los puntos limpios. El nivel de concienciación de los ciudadanos y su cooperación en este ámbito tienen un límite, y es comprensible que los habitantes de ciertos municipios pierdan la motivación si para retirar los residuos deben recorrer distancias excesivas.

En la Figura 2 se muestran las diferentes áreas de influencia de los puntos limpios operativos en función de la distancia máxima que los ciudadanos están dispuestos a recorrer para depositar sus residuos especiales en condiciones adecuadas. Para ello, se proponen cuatro escenarios con diferentes distancias máximas a recorrer (5, 10, 15 y 20 km), dando lugar a distintas áreas de cobertura de las instalaciones.

**Figura 2: Cobertura de los puntos limpios operativos en la provincia de Castellón considerando diferentes escenarios de predisposición de los ciudadanos**



En la Tabla 1 se expresa la disponibilidad de puntos limpios, en términos de población atendida, para cada uno de los escenarios propuestos. Se puede observar que la disponibilidad actual de puntos limpios en el escenario más optimista da respuesta al 95,0% de la población provincial, mientras que en el escenario más pesimista solamente el 71,1% tiene acceso al servicio. Lamentablemente, según los estudios consultados, este último escenario es el más acorde con el recorrido que los ciudadanos están dispuestos a realizar hasta los puntos limpios (Woodard et al., 2004; González-Torre & Adenso-Díaz, 2005; de las

Cuevas et al., 2007). Por lo tanto, la disponibilidad actual de puntos limpios en la provincia de Castellón está limitada al 71,1% de la población provincial.

En la actualidad, se está construyendo un punto limpio en Morella, con la intención de dar respuesta a las necesidades de las poblaciones de la comarca interior de Els Ports. También se encuentran en construcción otros dos puntos limpios en La Vall d'Uixó y en Almenara. Además, en Benicasim existe otro punto limpio que actualmente no se encuentra operativo. Con la entrada en funcionamiento de los puntos limpios en construcción y del punto limpio inoperativo, se estima que la disponibilidad de puntos limpios en la provincia puede incrementarse hasta un nivel del 85,3% en términos de población atendida (Tabla 1).

Por lo tanto, aún contando con la actividad futura de las instalaciones en construcción y de la instalación no operativa, la población provincial que seguirá sin disponer de puntos limpios a una distancia razonable se sitúa en el 14,7%. Este porcentaje de población desatendida, que corresponde a cerca de 85.000 ciudadanos, resulta inadmisibles, especialmente si se tiene en cuenta que algunos de los residuos domiciliarios especiales tienen la condición de residuos peligrosos. Siendo así, se valora necesaria la implantación de nuevas instalaciones, además de las que ya se encuentran en construcción, para configurar una red de puntos limpios al alcance de toda la población de la provincia, minimizando así el vertido incontrolado de residuos domésticos especiales.

**Tabla 1: Disponibilidad actual de puntos limpios en la provincia de Castellón considerando diferentes escenarios de predisposición de los ciudadanos**

Escenario	Cobertura (radio en km)	Población atendida			
		Puntos limpios operativos		Puntos limpios operativos, no operativos y en construcción	
		Habitantes	%	Habitantes	%
Actual-1	5	407.881	71,1	488.999	85,3
Actual-2	10	492.313	85,9	523.941	91,4
Actual-3	15	528.030	92,1	539.036	94,0
Actual-4	20	544.763	95,0	565.891	98,7

#### 4.2. Escenarios futuros de puntos limpios

En el apartado previo ha quedado patente que la disponibilidad actual de puntos limpios en la provincia de Castellón es insuficiente, siendo esta situación especialmente preocupante en las comarcas del interior. Para poder garantizar la gestión adecuada de los residuos domiciliarios especiales es necesario poner al alcance de todos los ciudadanos instalaciones cercanas donde depositar este tipo de residuos.

Una solución posible a la situación actual es la que plantea el PNIR (MMA, 2008), que establece la necesidad de ampliar la red actual de puntos limpios, dotando de estas instalaciones a todos los municipios de más de 2.000 habitantes antes del año 2015. Según el PNIR, sólo los puntos limpios ubicados en municipios con más de 10.000 habitantes estarán habilitados para recibir residuos peligrosos de origen doméstico, mientras que en los municipios con poblaciones comprendidas entre 1.000 y 10.000 habitantes se implantará un servicio de recogida de residuos peligrosos mediante puntos limpios móviles.

En la Figura 3 se muestra la configuración que tendría la red de puntos limpios en el año 2015 según las medidas previstas por el PNIR. La solución propuesta por el PNIR requiere la implantación de 19 nuevas instalaciones fijas, de las cuales 18 consisten en áreas de aportación donde depositar residuos de envases no contaminados, vidrio, papel y cartón,

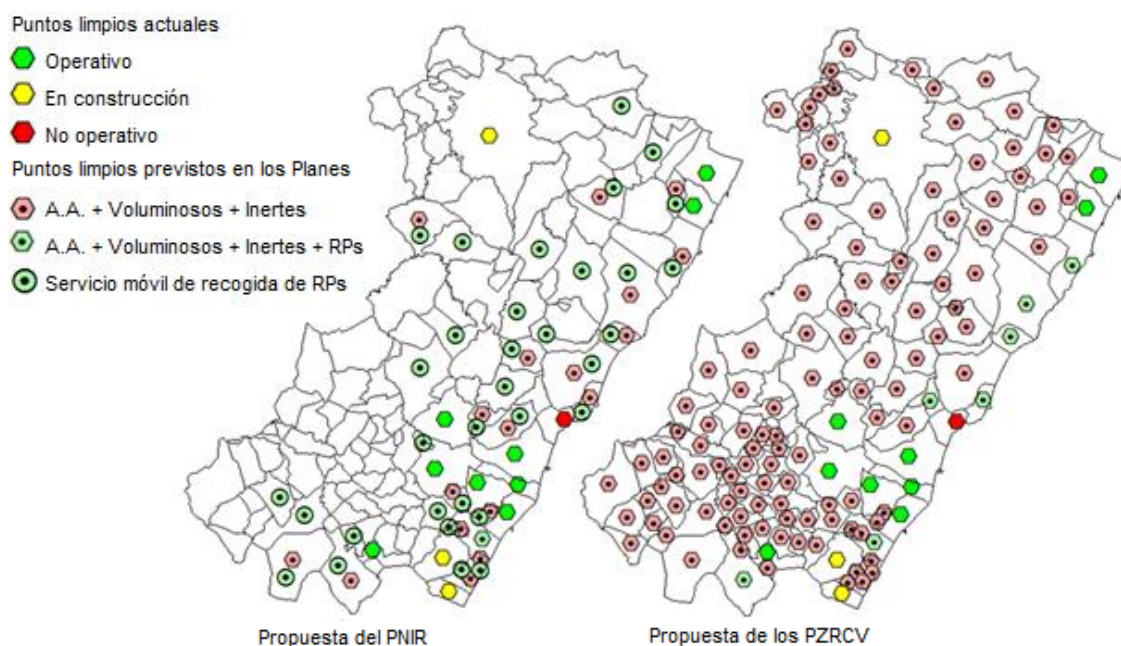


metales, plásticos, escombros y voluminosos. Tan sólo uno de los nuevos puntos limpios fijos tendría que aceptar también residuos domiciliarios peligrosos, dado que el servicio móvil de recogida de residuos peligrosos abarcaría la mayor parte de la provincia recorriendo un total de 33 municipios.

Por otro lado, los PZRCV (CMAAUV, 2001, 2002 y 2004) también incluyen entre sus propuestas la implantación de puntos limpios a lo largo de toda la provincia. En este caso, se establece de manera específica las instalaciones que deben implantarse en cada uno de los municipios de la provincia de Castellón para garantizar una disponibilidad adecuada del servicio de recogida de residuos domésticos especiales. De hecho, uno de los criterios de los PZRCV a la hora de determinar la ubicación de las instalaciones ha sido no superar los 5 km desde el lugar de origen de los residuos hasta el punto limpio más cercano.

En la Figura 3 también se muestra la configuración que tendría la futura red de puntos limpios en base a las medidas de los PZRCV. La solución propuesta por los PZRCV establece la necesidad de disponer de un total de 135 puntos limpios fijos para cubrir las necesidades de toda la provincia. La mayoría de los puntos limpios que se proponen consisten en áreas de aportación donde depositar residuos de envases no contaminados, vidrio, papel y cartón, metales, plásticos, escombros y voluminosos, pero sólo siete de los nuevos puntos limpios estarían habilitados para acoger residuos domiciliarios peligrosos.

**Figura 3: Distribución futura de puntos limpios en la provincia de Castellón según el PNIR y según los PZRCV**



En la Tabla 2 se comparan los resultados de disponibilidad de puntos limpios, expresados en términos de población atendida, para las soluciones propuestas por el PNIR y por los PZRCV. Se puede observar que tanto la solución propuesta por el PNIR como la solución propuesta por los PZRCV mejoran considerablemente la disponibilidad de puntos limpios en la provincia de Castellón. Considerando un radio de cobertura de 5 km como situación más realista (Woodard et al., 2004), la red actual de puntos limpios solamente es capaz de prestar el servicio de recogida de residuos domiciliarios especiales (incluyendo residuos no peligrosos y peligrosos) al 71,1% de la población provincial. En estas mismas condiciones, la configuración de la red de puntos limpios propuesta por el PNIR presenta una disponibilidad del 95,2% para los residuos no peligrosos y del 98,3% para los residuos

peligrosos. Por su parte, la configuración propuesta por los PZRCV presenta una disponibilidad del 100,0% para los residuos no peligrosos, mientras que para los residuos peligrosos la disponibilidad es del 91,6%.

Por lo tanto, ambas soluciones suponen un incremento significativo de la disponibilidad de puntos limpios en términos de población servida. No obstante, el criterio en el que se basan los PZRCV no parece demasiado realista, dado que la cantidad de puntos limpios a instaurar se valora, a día de hoy, excesiva e inviable para muchos municipios. Además, únicamente siete de los nuevos puntos limpios que proponen los PZRCV estarían habilitados para acoger residuos domiciliarios peligrosos. Estos puntos limpios se ubicarían en la franja litoral, de modo que la disponibilidad de instalaciones donde eliminar residuos domiciliarios peligrosos seguiría siendo escasa en los municipios del interior. En base a estas consideraciones, las medidas previstas por el PNIR se valoran más viables que las propuestas por los PZRCV, ya que no requieren la implantación de tantas instalaciones y, además, la utilización de puntos limpios móviles para la recogida de residuos peligrosos podría resolver la problemática en los municipios del interior.

**Tabla 2: Disponibilidad futura de puntos limpios en la provincia de Castellón según las soluciones del PNIR y de los PZRCV considerando diferentes escenarios de predisposición de los ciudadanos**

Escenario	Cobertura (radio en km)	Población atendida			
		Residuos domésticos especiales no peligrosos		Residuos domésticos especiales peligrosos	
		Habitantes	%	Habitantes	%
PNIR-1	5	545.993	95,2	563.730	98,3
PZRCV-1	5	573.282	100,0	525.155	91,6
PNIR-2	10	561.152	97,9	570.368	99,5
PZRCV-2	10	573.282	100,0	543.748	94,8
PNIR-3	15	569.225	99,3	572.567	99,9
PZRCV-3	15	573.282	100,0	557.129	97,2
PNIR-4	20	571.381	99,7	573.282	100,0
PZRCV-4	20	573.282	100,0	568.874	99,2

## 5. Conclusiones

Para garantizar la correcta gestión ambiental de los residuos domiciliarios especiales se requiere la colaboración activa de los ciudadanos, puesto que son ellos quienes separan los residuos en origen y los trasladan hasta los puntos limpios. Los principales factores que influyen sobre la motivación de los ciudadanos son la disponibilidad de puntos limpios cercanos y la diversidad de materiales admitidos en tales instalaciones. Por el contrario, la falta de espacio en los domicilios para almacenar temporalmente los residuos se presenta como un inconveniente importante. En cualquier caso, esta falta de espacio puede compensarse aumentando la frecuencia con la que los ciudadanos trasladan los residuos a los puntos limpios, aunque ello requiere mejorar la disponibilidad de instalaciones próximas. En definitiva, la participación ciudadana en la correcta gestión de los residuos especiales depende de la disponibilidad de puntos limpios próximos y capaces de admitir numerosos tipos de residuos.

Actualmente, existen un total de diez puntos limpios en la provincia de Castellón –nueve de ellos operativos– y pronto se sumarán otros tres que se encuentran en construcción. El funcionamiento de los puntos limpios operativos es apropiado, admitiendo una variedad de residuos específicos cada vez mayor, los cuales posteriormente son destinados a las instalaciones de tratamiento que les corresponde en cada caso particular. Por el contrario, la localización de los puntos limpios no es adecuada, ya que su distribución geográfica se encuentra completamente desequilibrada a nivel provincial. La ubicación de los puntos limpios se encuentra centralizada en torno a los principales núcleos de población, mientras que en la franja más interior de la provincia no existe ninguna instalación de este tipo. Según el estudio realizado, la disponibilidad actual de puntos limpios en la provincia de Castellón se sitúa en el 71,1% en términos de población atendida. Si se consideran además los puntos limpios en construcción y el punto limpio que no se encuentra operativo, el porcentaje de población atendida asciende hasta el 85,3% respecto de la población total provincial. Por lo tanto, en el mejor de los casos aún resta un 14,7% de población desatendida, que corresponde a cerca de 85.000 ciudadanos. En base a estos resultados, se juzga necesaria la implantación de nuevas instalaciones, además de las que ya se encuentran en construcción, para configurar una red de puntos limpios al alcance de toda la población.

El PNIR y los PZRCV establecen criterios y medidas para ampliar la disponibilidad de puntos limpios en el futuro próximo. En el presente estudio se han evaluado las soluciones propuestas por ambos planes. Fijando el radio de cobertura de los puntos limpios en 5 km como situación realista, el escenario futuro de puntos limpios según las medidas de los PZRCV presenta una disponibilidad del 100,0% para los residuos no peligrosos, mientras que para los residuos peligrosos la disponibilidad se limita al 91,6% de la población provincial. Bajo este escenario hipotético, aún resta un 8,4% de población, situada principalmente en los municipios del interior de la provincia, que no tiene fácil acceso al servicio de retirada de residuos domésticos peligrosos. En estas mismas condiciones, el escenario futuro que plantea el PNIR presenta una disponibilidad del 95,2% para los residuos no peligrosos y del 98,3% para los residuos peligrosos. Por lo tanto, ambas soluciones suponen un incremento significativo de la disponibilidad de puntos limpios en términos de población servida.

Comparando ambas soluciones se concluye que las medidas del PNIR son más apropiadas que las de los PZRCV. La propuesta del PNIR mejoraría ampliamente la disponibilidad de puntos limpios sin tener que construir instalaciones en prácticamente todos los municipios de la provincia, tal y como pretenden los PZRCV. Además, la implantación de puntos limpios móviles para la recogida de residuos domiciliarios peligrosos solucionaría la problemática en los municipios del interior, la cual según la propuesta de los PZRCV seguiría sin estar resuelta. Por lo tanto, la solución planteada en el PNIR se valora más eficaz y sostenible, tanto en términos económicos como medioambientales. En cualquier caso, la necesidad de implantar más puntos limpios es una realidad, de modo que progresivamente deben ir construyéndose los puntos limpios previstos, dando prioridad a aquellos municipios que se encuentran fuera de la cobertura de las instalaciones que operan actualmente.

## Referencias

- Belton, V., Crowe, D. V., Matthews, R., & Scott, S. (1994). A survey of public attitudes to recycling in Glasgow. *Waste Management & Research*, 12, 351-367.
- CMAAUV (Conselleria de Medio Ambiente, Agua, Urbanismo i Vivienda). (2001). *Plan Zonal de residuos de la Zona I*.
- CMAAUV (Conselleria de Medio Ambiente, Agua, Urbanismo i Vivienda). (2002). *Plan Zonal de residuos de la Zonas III y VIII*.

- CMAAUV (Conselleria de Medio Ambiente, Agua, Urbanismo i Vivienda). (2004). *Plan Zonal de residuos de la Zonas II, IV y V*.
- Coggins, C. (1994). Who is the recycler? *Journal of Waste Management and Resource Recovery*, 1(2), 69-75.
- De las Cuevas, I., Echevarría, J., & Piedra, A. (2007). Diseño de un modelo para la toma de decisiones de la ampliación de la red de puntos limpios en la Comunidad Autónoma de Cantabria. *Residuos: Revista técnica*, 95, 32-37.
- González-Torre, P. L., & Adenso-Díaz, B. (2005). Influence of distance on the motivation and frequency of household recycling. *Waste Management*, 25, 15-23.
- Harder, M. K., Woodard, R., & Bench, M. (2006). Two Measured Parameters Correlated to Participation Rates in Curbside Recycling Schemes in the UK. *Environmental Management*, 37(4), 487-495.
- INE (Instituto Nacional de Estadística). (2007). *Cifras oficiales de población: Padrón municipal*. (Obtenido de INE: [http://www.ine.es/inebmenu/mnu\\_cifraspob.htm](http://www.ine.es/inebmenu/mnu_cifraspob.htm)).
- Jenkins, R. R., Martínez, S. A., Palmer, K., & Podolsky, M. J. (2000). *The determinants of household recycling: A material specific analysis of recycling program features and unit pricing*. Discussion Paper 99-41-REV. Washington: Resources for the Future.
- MMA (Ministerio de Medio Ambiente). (2008). *Plan Nacional Integrado de Residuos (PNIR) 2008-2015*.
- Martin, M., Williams, I. D., & Clark, M. (2006). Social, cultural and structural influences on household waste recycling: A case study. *Resources, Conservation & Recycling*, 48, 357-395.
- McDonald, S., & Ball, R. (1998). Public participation in plastics recycling schemes. *Resources, Conservation & Recycling*, 22, 123-141.
- NCGIA (National Center for Geographic Information and Analysis). (1990). *I Introduction to GIS, II Technical issues in GIS, III Applications issues in GIS*. Santa Bárbara: University of California.
- Perrin, D., & Barton, J. (2001). Issues associated with transforming household attitudes and opinions into materials recovery: a review of two kerbside recycling schemes. *Resources, Conservation & Recycling*, 33, 61-74.
- Speirs, D., & Tucker, P. (2001). A profile of recyclers making special trips to recycle. *Journal of Environmental Management*, 62, 201-220.
- Thomas, C. (2001). Public understanding and its effect on recycling performance in Hampshire and Milton Keynes. *Resources, Conservation & Recycling*, 32, 259-274.
- Woodard, R., Bench, M., Harder, M. K., & Stanzos, N. (2004). The optimisation of household waste recycling centres for increased recycling—a case study in Sussex, UK. *Resources, Conservation & Recycling*, 43, 75-93.

**Correspondencia** (Para más información contacte con):

Enrique Moliner  
GID – Grupo de Ingeniería del Diseño  
Dpto. de Ingeniería Mecánica y Construcción, Universidad Jaume I  
Phone: +34 964729252  
Fax: + 34 964728106  
E-mail: kike.moliner@uji.es  
URL: <http://www.gid.uji.es>