



**ESTUDIO DE LA DISPERSIÓN DE CAUCHO
GRANULADO Y MICROPLÁSTICOS DESDE
CAMPOS DE FÚTBOL DE HIERBA
SINTÉTICA**

**EL CASO DE SAN JORGE (PAMPLONA)
OBSERVACIONES TRAS LAS INUNDACIONES**

ÍNDICE

1. RESUMEN

- 1.1. Castellano
- 1.2. Euskera
- 1.3. English

2. ANTECEDENTES

3. INTRODUCCIÓN, MOTIVOS Y JUSTIFICACIÓN

- 3.1. Ciencia Ciudadana
- 3.2. Red europea de ciencia ciudadana

4. EL CAMPO DE FÚTBOL DE SAN JORGE Y LAS INUNDACIONES

5. EL CAUCHO GRANULADO Y LOS MICROPLÁSTICOS

- 5.1. El papel de la OCDE y de la Comunidad Europea
- 5.2. Publicación de la Guía para minimizar la dispersión de relleno en el medio ambiente. CEN/TR17519:2020
- 5.3. Superficies para áreas deportivas. Instalaciones deportivas de césped artificial
- 5.4. Algunas cifras del caucho granulado proveniente del triturado de neumáticos
- 5.5. Sobre la ubicación de los campos de futbol de hierba sintética de tercera generación

6. LA DINÁMICA GEOLÓGICA COMO BASE PARA LA DISTRIBUCIÓN DEL TERRITORIO

- 6.1. Ecologías en red
- 6.2. Geología
- 6.3. Inundaciones
- 6.4. La Directiva Marco del Agua (DMA, 2007, CE), la salud y el principio de solidaridad
- 6.5. El problema de los períodos de retorno

7. ALTERNATIVAS

- 7.1. Fibras orgánicas
- 7.2. La nueva tierra batida
- 7.3. Campos de hierba natural

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

9. INFORME FOTOGRÁFICO

10. FUENTES CONSULTADAS

1. RESUMEN

1.1. Castellano

En este informe se presenta una vulnerabilidad detectada en San Jorge, Pamplona, ligada a las nuevas tecnologías de pavimentos para campos de fútbol de hierba sintética de tercera generación. Se ha detectado una pérdida masiva de partículas de caucho reciclado debida a que el diseño de las instalaciones favorece la diseminación en el medio en condiciones normales. Por otro lado, varias riadas que han superado el período de retorno de 50 e incluso de 500 años, han llevado toneladas de microplásticos y posiblemente con hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) a través del río Arga a la Ribera de Navarra, las dos últimas en diciembre de 2021 y enero de 2022. El campo de fútbol de San Jorge es solo un ejemplo, se construyó en 2007 en un área cartografiada, estudiada y bien definida para los diversos proyectos urbanísticos que lo circundan como una unidad geológica con dinámica de llanura de inundación. Se hace un repaso a diferentes estudios, normativas y directivas europeas, se ha consultado a expertos del sector del reciclado y finalmente se proponen una serie de alternativas que eviten el grave problema para la salud, el sector agroalimentario y los ecosistemas que se ha generado.

1.2. Euskara

Txosten honek Iruñeko San Jorgen atzemandako ahultasun bat aurkezten du, hirugarren belaunaldiko belar sintetikoko futbol zelaietarako espaloi-teknologi berriekin lotuta. Birziklatutako kautxu-partikulen galera masiboa antzeman da, instalazioen diseinuak baldintza arruntetan ingurunean zabaltzearen alde egiten duelako. Bestalde, 50 eta 500 urteko itzulera epea gainditu duten hainbat uholdeek tonaka mikroplastiko zein, ziur aski, hidrokarbuero aromatikoko polizikliko (PAH) eraman dituzte Arga ibaian zehar Nafarroako Erriberaraino, azken biak 2021eko abenduan eta 2022ko urtarrila. San Jorge futbol zelaia adibide bat besterik ez da, 2007an eraiki zen, inguratzen duten hirigintza-proiektu ezberdinetarako eremu kartografiatu, aztertu eta ondo zehaztuta, uholde-lautada dinamiko gisa unitate geologiko gisa. Europako azterlan araudi eta zuzentarau ezberdinen berrikuspena egin da, birziklapenaren sektoreko adituak kontsultatu dira eta azkenik alternatiba batzuk proposatzen dira osasunerako, nekazaritzako elikagaien sektorerako eta sortu diren ekosistemetarako arazo larria saihesteko.

1.3. English

We present in this report a vulnerability detected in San Jorge, Pamplona, linked to new pavement technologies for third-generation synthetic grass football fields. A massive loss of recycled rubber particles has been detected due to the fact that the design of the facilities favors their dissemination in the environment under normal conditions. On the other hand, several floods that have exceeded the return period of 50 and even 500 years, have carried tons of microplastics and possibly with polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) through the Arga River to the Ribera de Navarra, the last two in December 2021 and January 2022. The San Jorge football field is just one example, it was built in 2007 in a mapped, studied and well-defined area for the various urban projects that surround it as a geological unit with dynamic of a Floodplain. In this study, a review of different studies, regulations and European directives is conducted, experts in the recycling sector have been consulted and finally a series of alternatives are proposed to avoid the serious problem for health, the agri-food sector and the ecosystems that have been generated.

2. ANTECEDENTES

Con motivo de la jornada de limpieza del domingo 23 de enero de 2022, casi 400 personas se reunieron a lo largo de todo el parque fluvial de Pamplona y su Comarca en una jornada de limpieza del río Arga que fue organizada por las asociaciones que conforman Alianza por el Clima. En esta iniciativa en *auzolan* participaron jóvenes, adultos y familias con niños. Al final de la jornada se había retirado medio centenar de contenedores con basuras y residuos contaminantes, la mayoría objetos de plástico.

El autor del presente informe participó en el tramo de San Jorge y entre otras cosas, encontró la vulnerabilidad fruto de la exposición que se presenta en este informe. Se toma como referencia el campo de fútbol de este barrio pamplonés y se dan indicaciones de cómo solventar el grave problema de contaminación por microplásticos y sustancias tóxicas que se ha generado, al menos por tercera vez en los últimos siete años. Se trata, sobre todo, de la falta de una visión urbanística adecuada a las dinámicas geológicas dominantes en la llanura de inundación del río Arga, aunque también se ha comprobado una preocupante carencia en la aplicación de normativas elementales específicas.

3. INTRODUCCIÓN, MOTIVOS Y JUSTIFICACIÓN

El autor intenta hacer un llamamiento a la ciudadanía y a las instituciones ante el peligro que supone exponer a la población a una contaminación por materiales tóxicos y microplásticos provenientes de la tercera generación de campos de fútbol de hierba artificial, especialmente de caucho granulado reciclado del triturado de neumáticos aplicado en un contexto donde no se toman las medidas adecuadas para la contención de partículas dañinas ni se distribuyen las actividades deportivas (u otras) de acuerdo a la dinámica geológica del lugar que las acoge.

La Comunidad Europea promovió con el acuerdo Horizonte 2020 N° 824850 la iniciativa “*Ciencia Ciudadana en Europa*” (*EU-Citizen Science*) de la que el autor es miembro, incluye cualquier actividad e involucra al público en la investigación científica. Por lo tanto, tiene el potencial de reunir a la ciencia, los responsables políticos y a la sociedad en su conjunto con un mayor impacto social.

La ciencia ciudadana europea describe una variedad de formas en que el público participa en la ciencia. Las principales características son que: (1) los ciudadanos participan activamente en la investigación, en asociación o colaboración con científicos o profesionales y (2) hay un resultado genuino, como nuevo conocimiento científico, acción de conservación o cambio de política (“*ECSA's Characteristics of Citizen Science*”. Haklay, Muki et al. 2020).

Los trabajos que analizan el riesgo y la vulnerabilidad dependen de muchos factores: densidad de población, distribución de la población en el territorio, planificación urbanística, presencia de infraestructuras y lo que hemos llamado y explicamos en el presente informe como *ecologías en red*.

Por otro lado, la vulnerabilidad es la susceptibilidad de personas, inmuebles o infraestructuras a sufrir daños o padecer afectaciones negativas debido a una perturbación provocada por la naturaleza o el propio ser humano.

Finalmente, hablamos de exposición como la cantidad de elementos vulnerables propensos o forzados a sufrir determinados peligros con impactos negativos. Por ejemplo, construir edificios o fuentes de productos contaminantes dentro de la zona inundable de un río son acciones que incrementan notablemente la exposición, con lo cual, la vulnerabilidad se torna extremadamente elevada ante avenidas que no tienen por qué ser extraordinarias.

3.1. Ciencia Ciudadana

A través de la ciencia ciudadana, todas las personas pueden participar en las etapas del proceso científico, desde el diseño de la pregunta para comenzar una investigación hasta la recopilación de datos y el mapeo voluntario, la interpretación, el análisis de datos, la publicación y la difusión de los resultados. La ciencia ciudadana es también un enfoque del trabajo científico que puede utilizarse como parte de una actividad científica más amplia.

EU-Citizen Science recibe financiación del Programa Marco de la Unión Europea para la Investigación y la Innovación (acuerdo Horizonte 2020 N° 824580). De ser una red informal de profesionales de la ciencia ciudadana, se ha pasado en menos de una década a una asociación internacional abierta a miembros individuales e instituciones. Se basa en aprovechar la vasta experiencia de sus miembros y promover la ciencia ciudadana como una herramienta para políticas basadas en un desarrollo sostenible en línea con los 17 objetivos para el desarrollo sostenible (17ODS).

3.2. Red europea de ciencia ciudadana

Nació así una red europea de ciencia ciudadana en la que todas las partes interesadas, de cualquier origen, pueden unirse para formar una comunidad global de ciencia ciudadana estableciendo un vínculo entre la ciencia ciudadana y la política con objeto de facilitar el flujo bidireccional de conocimientos e información entre los ciudadanos y los responsables de la formulación de políticas acordes con el conocimiento. Funciona como una fuente de herramientas de acceso abierto y materiales de formación para aumentar el número de profesionales de la ciencia ciudadana y establecer estándares para las prácticas de alta calidad.

La visión de la Unión Europea es que los ciudadanos sean reconocidos y empoderados como actores clave en la promoción y el apoyo al desarrollo sostenible; incluye a todo el territorio europeo y a sus instituciones. En el caso que nos concierne y de acuerdo con los datos aportados recientemente por Dinamarca para los campos de hierba artificial de tercera generación, partimos de que alrededor de unas 100 a 120 toneladas de granulados de relleno de caucho se utilizan para la capa superior de un campo de fútbol de las características del de San Jorge como los normalizados en la CE.

Se asume que una parte se pierde y debe reemplazar de manera regular, además de que tal relleno suplementario es necesario para cumplir el estándar, debido a la compresión de los granulados de relleno en el campo. Tales aportes suplementarios se estimaron entre 3 y 5 toneladas por año, la mitad de las cuales acaban siendo liberadas al medio por cuestiones de uso, sin necesidad de inundaciones.

Hasta que se lleve a cabo una evaluación adicional de los productos químicos presentes en el relleno, no existe una base científica para desaconsejar la práctica de deportes en campos sintéticos que contengan gránulos de caucho reciclado. No obstante, sí es necesario evitar que los gránulos se dispersen como viene sucediendo desde hace años y recientemente ha sucedido de manera masiva con las inundaciones.

Mientras se decide qué hacer con este caso particular del campo de fútbol de San Jorge, para disminuir la exposición a productos químicos potencialmente dañinos y minimizar cualquier posible riesgo, recordamos que la Agencia Europea de Sustancias y Mezclas Químicas (ECHA) recomienda medidas básicas de higiene para reflejar las buenas prácticas y mitigar las incertidumbres científicas hasta que se tomen las medidas adecuadas. La ECHA recomienda:

1. Siempre lávese las manos después de jugar en el campo y antes de comer.
2. Limpie rápidamente cualquier corte o raspadura.
3. Quítese los zapatos/tacos, el equipo deportivo y uniformes afuera para evitar que los gránulos entren en su casa.
4. Si le entran gránulos de goma en la boca, no los trague.

Por todo ello, los objetivos inmediatos que se persiguen con el presente informe son, además de una llamada para actuar a corto plazo, extender las soluciones a medio y largo plazo. Creemos necesario:

1. Dar a conocer la vulnerabilidad a las personas responsables y los usuarios.
2. Una vez conocida, facilitar datos útiles para tomar las medidas correctoras adecuadas.
3. Instar a que se evalúe el alcance de lo sucedido para la salud de las personas.
4. Velar por que todas las partes hagan lo posible para que no vuelva a suceder.

4. EL CAMPO DE FÚTBOL DE SAN JORGE Y LAS INUNDACIONES

El caso de la dispersión del caucho en el campo de fútbol de San Jorge tiene dos precedentes en las riadas de 2013 y 2015, y algo menos en las de 2018 y 2019, en las que no hubo una completa invasión. En la hemeroteca podemos encontrar la primera referencia a la pérdida de caucho en una carta de un padre que fue publicada en enero de 2014 referente a las históricas inundaciones de junio de 2013 en Diario de Noticias de Navarra:

“Soy un padre que su hijo juega al fútbol en San Jorge. Mi consulta es para el Ayuntamiento de Pamplona, para ver si me explica qué pasa con dicho campo, que fue afectado por la riada del pasado mes de junio de 2013. Los miembros de la junta de deportes de San Jorge y varios padres estuvimos limpiándolo de barro, ramas y basura que dejó la riada, pues se iba a celebrar a partir del mes de julio un torneo de fútbol en dicho campo (mundialito).

El campo quedó en muy mal estado por la riada y al limpiarlo se llevó gran parte del caucho. Miembros de la junta de deportes me han comentado que dieron parte al Ayuntamiento y éste al seguro y, por lo que saben, el seguro ya ha tramitado el siniestro para que lo puedan arreglar. Pasadas las Navidades, y visto que no han echado caucho y que la hierba artificial se está deteriorando gravemente, quiero preguntar al Ayuntamiento qué sucede con el arreglo, dándole las gracias de antemano”.

Tras aquella carta se retomaron las labores de mantenimiento y de nueva reconstrucción, especialmente en el año de la riada de 2015 ya se han sustituido las casetas de obra como vestuarios por la construcción de las instalaciones en bosquecillo anexo al campo (figura 1). Después de las obras realizadas en 2020 y las posteriores inundaciones de 2021, el Ayuntamiento de Pamplona divulga una nota a los medios de comunicación referente a una solución tomada en el campo de fútbol de San Jorge (también de otros barrios como La Rochapea):

“A petición de las personas usuarias y con la finalidad de evitar la entrada de agua en caso de pequeñas avenidas del Arga, en la parte inferior de la puerta de acceso de vehículos se ha dispuesto de una barrera estanca hidráulica para sellar el cierre contra el pavimento, para que se genere un cierre continuo con el murete perimetral de hormigón que bordea el campo. Todos estos trabajos de mejora realizados en el campo de fútbol municipal de San Jorge están incluidos en las Inversiones Financieramente Sostenibles 2019 con una cuantía de 170.262,61 euros”.

Los trabajos fueron realizados por la empresa *Sports & Landscape*, que fue la que en el año 2020 se encargó de la sustitución del césped de plástico por 61.834 euros. El importe de esta actuación se incluyó en la reclamación al Consorcio de Compensación de Seguros. La semana del 17 de enero de 2022, que fue cuando las organizaciones ambientalistas y vecinos organizaron la jornada de limpieza, se volvió a reponer el granulado de caucho que al menos tres veces desde su inauguración en 2008, se volvió a llevar el río Arga.

“Los trabajos han consistido en la retirada del lodo y demás residuos contaminados con maquinaria especializada, el traslado de los mismos a un vertedero autorizado y el recebado del césped con materiales nuevos de arena y caucho. De forma previa, se realizó la limpieza de la urbanización y de los vestuarios de la instalación que había quedado bastante sucios tras la retirada del río”.



Figura 1. Evolución desde el año 2005, cuando el campo de fútbol de San Jorge era un campo de tierra batida sin normalizar de tecnología básica, hasta hoy. A la sazón ya había sido afectado por varias inundaciones, en especial la de 2003; en ellas dispersó por el río arena silíceo y partículas minerales inocuas. A partir de 2007 cambia la tipología. Hasta 2021 se han sucedido varias crecidas importantes como en 2009, 2013, 2015, 2018, 2019, 2021 y 2022, destacando por su intensidad las de 2013 y 2021. Obsérvese que en 2015 desaparecen las casetas de obra donde se cambiaban los deportistas (abajo a la derecha) por el nuevo edificio de vestuarios (arriba a la izquierda) donde estaba el bosquecillo que daba paso al río desde la Avenida de San Jorge.

5. EL CAUCHO GRANULADO Y LOS MICROPLÁSTICOS

La primera vez que, en Europa, saltaron las alarmas respecto del uso de estos materiales reciclados fue en 2016 y concretamente en Holanda, cuando una treintena de clubes amateur suspendieron sus partidos y el Gobierno ordenó una investigación urgente al Instituto Nacional para la Salud y el Entorno (RIVM) por:

“Los riesgos de un material que puede liberar sustancias cancerígenas”. El instituto recomendó “que los niños no jugueteen con las partículas porque no están hechas para eso, también tienen que ducharse y ponerse ropa limpia tras los partidos”.

Tras aparecer la noticia en los principales medios de difusión europeos y tras la suspensión de varios partidos de fútbol en Holanda, la patronal española del reciclaje (FER) aseguró en un comunicado que el granulado de caucho procedente de neumáticos usados que se utiliza en las instalaciones deportivas no constituía ningún riesgo.

La creciente preocupación pública por los microplásticos llevó entonces a la Comisión Europea a investigar formas de reducir las cantidades liberadas al medio ambiente. Se define un microplástico como cualquier partícula sólida hecha de un polímero no biodegradable con 5,0 mm o menos de diámetro de partícula.

Pueden formarse involuntariamente debido al uso y desgaste o fabricado deliberadamente y agregado intencionalmente a los productos para un propósito específico. En el caso del campo de fútbol de hierba artificial de San Jorge, al igual que en todos los de tercera generación, se producen partículas además de por el añadido comentado, por desgaste de las fibras que simulan la hierba.

5.1. El papel de la OCDE y de la Comunidad Europea

España es un país miembro de la OCDE, esta organización internacional advirtió tras varios análisis en los campos de fútbol de tercera generación:

“La contaminación por microplásticos es uno de los mayores problemas ambientales emergentes generalizados a que nos enfrentamos. Los océanos del mundo, las aguas dulces, los suelos y el aire están cada vez más contaminados con pequeños fragmentos de plástico, partículas y fibras, lo que genera preocupación por los factores ambientales y humanos asociados a sus impactos en la salud”. (Informe: Políticas para Reducir la contaminación de las aguas por microplásticos centradas en restos de textiles y neumáticos. OCDE, 2021).

La Agencia Europea de Sustancias y Mezclas Químicas (ECHA) realizó la investigación final en 2017 concluyendo que el granulado de caucho procedente del triturado de neumáticos ofrecía un *bajo nivel de preocupación*, aunque contienen sustancias potencialmente dañinas como hidrocarburos aromáticos policíclicos, metales y ftalatos y liberan hidrocarburos volátiles. Sin embargo, la investigación derivó hacia otra perspectiva sobre los gránulos, los microplásticos, concluía la ECHA:

“También contribuyen a la contaminación por microplásticos, ya que pueden propagarse al medio ambiente desde los campos, por ejemplo, a través del agua de lluvia o del calzado y la ropa de los jugadores. La UE está tomando medidas para mejorar la huella ambiental de los campos y para proteger a sus ciudadanos de los productos químicos peligrosos que se encuentran en el material de relleno”. (Informe: An evaluation of the possible health risks of Recycled Rubber Granules used as infill in synthetic turf sports fields. ECHA, febrero de 2017).

Otra de las conclusiones importantes fue la necesidad de seguir estudiando el problema mientras se implementaban medidas para su uso y contención. La ECHA evaluó los riesgos para la salud humana derivados de las sustancias que se encuentran en los gránulos de caucho que se utilizan como material de relleno en césped sintético.

En 2020, se estimó que en la UE había unos 21.000 campos de tamaño completo y alrededor de 72.000 minicampos. En la UE, los gránulos de caucho utilizados como material de relleno se producen principalmente por el reciclado y triturado de neumáticos que quedan en desuso. Al pedir datos sobre el origen surgieron algunos problemas.

La industria del reciclaje informó entonces a la ECHA de que la mayor parte de este relleno reciclado de neumáticos provenía de neumáticos fabricados en la UE con la marca CE. Sin embargo, la ECHA no pudo verificar esta información ni acceder a una fuente independiente.

La ECHA sí identificó una serie de sustancias peligrosas en el caucho reciclado y también encontró datos sobre los peligros del caucho de neumático en diferentes resultados de varios estudios recientes. Finalmente, según el organismo, existe un nivel bajo de preocupación por la exposición a los gránulos de caucho reciclado.

La granulometría y la forma del caucho granulado dependen del proceso de obtención, pero en general, se trata de partículas de entre 0,5 y 3 mm, por lo que en relación a su tamaño tienen la consideración de microplásticos.

Dado que muchos materiales de relleno utilizados en las superficies deportivas de césped sintético están hechos de polímeros no biodegradables con tamaños inferiores a 5,0 mm o que incorporan alguna forma gránulo (como arena) que tiene un recubrimiento polimérico, es importante que el diseño y el mantenimiento de los campos deportivos que tienen estos rellenos artificiales de origen antrópico se implanten en áreas no inundables y se ejecuten y den servicio de manera que se minimice la posibilidad de que el relleno migre de la superficie deportiva y se disperse en el ambiente.

La Unión Europea (UE) ha previsto, usando todas las herramientas posibles, acabar con la invasión de microplásticos en el medio humano y en el medio natural, lo que probablemente implicará a partir de este año 2022, el veto a los granulados actualmente usados para el césped artificial.

La normativa comunitaria, que entraría en vigor previsiblemente este 2022 y cuyo objetivo es combatir la contaminación por microplásticos, aboga por no dar continuidad a algunas de estas canchas. En 2019 Horst Seehofer, con competencias en deportes dentro del gobierno de la excanciller Angela Merkel, propuso en el Parlamento Europeo una fase de transición o moratoria de seis años. Entonces presentó que Alemania desecha al año 330.000 toneladas de microplásticos. Tras las catastróficas inundaciones que sufrió el país en julio de 2021 saltaron las alarmas en relación a la dispersión de estas partículas en el medio. Y es que el tratamiento mecánico de los residuos plásticos, que se intentó como la solución para su reciclado y el impulso de la economía circular, no solo no ha conseguido sus objetivos, sino que en muchos casos se ha demostrado un fracaso rotundo, especialmente en las últimas décadas y concretamente en relación a los eventos extremos derivados del cambio climático.

Tal y como señalan las investigadoras de la Universidad de Oxford Sarah Kakadellis y Gloria Rosetto en su investigación *“Achieving a circular bioeconomy for plastics”* publicada en la revista Science, el reciclado químico y el desarrollo de materiales biodegradables o biológicos son ahora el objeto de atención para conseguir insertar el plástico en la economía circular, pero pensando en ir dejando de lado la necesidad de utilizar estos materiales cuanto antes.

El 7 de junio de 2019, el Comité de Evaluación del Riesgo (CER) de la Agencia Europea de Sustancias y Mezclas Químicas (ECHA) adoptó un dictamen en el que llegaba a la conclusión de que un contenido de hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) en los gránulos de caucho correspondiente al límite de concentración calculado para las mezclas de conformidad con la entrada 28 del anexo XVII del Reglamento (CE) N° 1907/2006 es inaceptable y de que tales contenidos de sustancias para las que no existe umbral de seguridad no ofrecen un nivel adecuado de protección a los trabajadores y al público general y no deben permitirse.

El CER dictaminó que debía reducirse el contenido de hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) y recomendó un límite de concentración de 20 mg/kg para la suma de los ocho HAP en los gránulos de caucho, reiterando que el límite propuesto de 20 mg/kg no se basa en el riesgo estimado, sino que es una medida destinada únicamente a evitar concentraciones muy elevadas de HAP. Por otra parte, el CER señaló que a efectos de reducción de riesgos no hay una diferencia clara entre optar por 17 mg/kg en lugar de 20 mg/kg, y reconoció que la mayor exposición del público general (salvo fumadores) no se debe a los gránulos y mantillos, sino a fuentes alimentarias y al aire inhalado.

El 12 de noviembre de 2019, la ECHA presentó los dictámenes del CER y al Comité de Análisis Socio-Económico (CASE) a la Comisión que estudiaba el problema de la insalubridad de los gránulos de caucho. Ésta consideró que existe un riesgo inaceptable para la salud humana derivado de la comercialización de gránulos o mantillos que contienen HAP y de su uso como material de relleno en los campos de césped artificial, o a granel en los parques infantiles o instalaciones deportivas, y que tal riesgo debe abordarse a escala de la Unión Europea.

El reglamento (UE) 2021/1199 de la comisión de 20 de julio de 2021 por el que se modificó el anexo XVII del Reglamento (CE) N° 1907/2006 del Parlamento Europeo y del Consejo en lo relativo a los hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) presentes en los gránulos y mantillos utilizados como material de relleno en campos de césped artificial o a granel en parques infantiles o instalaciones deportivas acuerda que:

“En el caso de los agentes cancerígenos para los que no existe umbral no es posible establecer una dosis que no presente un riesgo teórico de causar cáncer. Por tanto, las concentraciones de los ocho HAP en gránulos utilizados como material de relleno en los campos de césped artificial y utilizados en gránulos o mantillos a granel en parques infantiles o instalaciones deportivas deben ser lo más bajas posible”.

La Comisión concluyó que la restricción propuesta en el expediente con las modificaciones propuestas por el CER y el CASE, es la medida más adecuada a escala de la Unión para abordar el riesgo para la salud humana detectado, y que su impacto socioeconómico es limitado.

5.2. Publicación de la Guía para minimizar la dispersión de relleno en el medio ambiente. CEN/TR17519:2020

En 2020 se adelantó un informe técnico al respecto: el CEN/TR17519:2020 del comité PRI/57 que describe maneras de contener los materiales de relleno utilizados en muchos tipos de campos deportivos de césped sintético dentro de los límites del campo de deportes, para que no se dispersen en los alrededores ni en el medio ambiente.

Las opciones descritas en dicho documento se basan en ejemplos de mejores prácticas identificadas por miembros del CEN/TC 217. Se trata de un documento de uso práctico, para crear conciencia entre los diseñadores de campos de tercera generación, los propietarios de lugares, las empresas de instalación y las que mantienen los campos deportivos de césped sintético.

Es aplicable a todas las formas de campos de deportes de césped sintético, desde los utilizados para actividades comunitarias y vecinales hasta los utilizados por profesionales y deportistas de élite.

En 2020 se publica este informe técnico que describe formas de contener los materiales de relleno dentro del campo de césped sintético durante su construcción, operación, mantenimiento, fin de vida útil y eliminación.

La norma europea EN 15330-1 especificaba las propiedades requeridas de las superficies de césped sintético utilizadas para el fútbol, rugby, hockey, tenis y aplicaciones multideportivas.

Los requisitos de EN 15330-1 son para su aplicación en superficies destinadas al deporte comunitario, educativo y recreativo. Para niveles profesionales y de élite muchos organismos rectores deportivos han publicado sus propias especificaciones con los mismos objetivos o algo más ambiciosos.

En su apartado 6.3.3 *“Detalles del perímetro del campo”* se especifica que el relleno de gránulos de caucho a menudo migrará al entorno que rodea el campo si se le permite escapar de los márgenes de las instalaciones mediante las acciones de juego o de mantenimiento y tirarlo fuera del campo sin ningún control. Al incorporar características constructivas de contención en el exterior de los márgenes de un campo, esta pérdida se puede minimizar. Así que en el informe de la CE se proponen una serie de barreras de contención.

Por ejemplo, en el apartado 6.3.4. Dado que las diferentes investigaciones llevadas a cabo por entidades deportivas y organismos de investigación medioambiental de Alemania, Holanda, EEUU o Portugal, cuentan con que las barreras físicas para evitar que el relleno salga del campo han demostrado ser la mejor manera de minimizar la dispersión del material granular en el entorno circundante, se sigue en esa filosofía que hemos visto muy limitada en el campo de fútbol de San Jorge (ver capítulo 9, informe fotográfico).

La guía ofrece diferentes diseños de barreras de borde que han resultado exitosos, entre ellos los paneles presentados en el apartado 6.3.5 *“Pavimento de césped sintético extendido hasta los límites del campo”*. Dichos paneles deben garantizar que el material no pueda ser arrojado (por maquinaria de mantenimiento) o rebotado (durante el juego) fuera del campo. Los paneles deben tener 50 cm o más y pueden estar formados por ladrillos, madera, extrusiones de plástico, trabajos en metal u otros materiales. Ello debe montarse en el sistema de cercado y asentarse al ras con el bordillo del campo, de modo que no permitan que el relleno migre bajo de ellos.

Muchos campos, como parte del de San Jorge, incorporan alguna forma de alrededores pavimentados que se utilizan para que se acomoden los espectadores, también como lugares de almacenamiento de material deportivo, etc. Ahora ya se están construyendo otros campos con márgenes pavimentados diseñados específicamente para detener el relleno adyacente a los límites del campo con técnicas como las que vamos a describir, entre las que indudablemente, como veremos, está el no hacerlo en llanuras de inundación. No obstante, como veremos al final, el diseño del campo de San Jorge, especialmente en la portería sur, favorece que los gránulos escapen sin necesidad de inundaciones.

Siempre que los márgenes perimetrales pavimentados tengan al menos 50 cm de ancho, se puede colocar una barrera en el borde inferior. Debe utilizarse de manera generalizada, ya que el riesgo de que el relleno se arroje a través de la valla es mucho menor. Si se utilizan tableros de madera curtida, CEN/TR17519:2020 recomienda que sean de madera blanda impregnada a presión al vacío de acuerdo con la Clase 4 de EN 335. También bordillos elevados de hormigón prefabricado (altura mínima de 200 mm) colocados junto a la línea de cercado para que el relleno no pueda migrar. Se presentan también soluciones de zócalo/bordillo de hormigón (altura mínima de 200 mm) sobre los que se coloca el vallado perimetral. En cualquier caso, los márgenes pavimentados deben estar diseñados para permitir que el personal de mantenimiento recoja fácilmente cualquier material disperso.

5.3. Superficies para áreas deportivas. Instalaciones deportivas de césped artificial

El objetivo es que el relleno granular de microplásticos que se haya abierto camino hacia los lados del campo, deba volver al área de juego antes de que salga de las instalaciones. Suelen estar revestidos con asfalto, losas de pavimento, hormigón colado, césped sintético de pelo corto (sin relleno), etc. Los márgenes pavimentados deben estar diseñados con inclinación hacia adentro, hacia la superficie de césped sintético, para favorecer que la propia gravedad devuelva el material al terreno de juego.

Cuando se instalan drenajes de ranura o sumidero para capturar el agua que fluye fuera del margen (en las fotos de 2013 del campo de San Jorge que aún están en Wikipedia, por ejemplo, se ven perfectamente, pero parecen haber sido tapados con el tiempo), deberían estar equipados con trampas de sedimentos de microfiltro para capturar el relleno que se lava en los desagües (figura 9).

En todas las entradas al campo se deben instalar rejillas de limpieza de botas y alfombrillas raspadoras tales como rejillas de descontaminación de barra lisa y alfombrillas raspadoras de caucho de alta resistencia. Las rejillas de descontaminación o alfombrillas raspadoras deben tener el ancho total de la puerta de entrada y al menos 1,5 m de largo, para que las personas no puedan pasar por encima. Deben colocarse inmediatamente adyacentes a la entrada y puertas, ya sea interna o externamente. Las rejillas o tapetes deben colocarse en bases empotradas que retengan cualquier relleno que se haya desprendido.

Para evitar que las bases se llenen de agua, deben contener un desagüe provisto de un filtro de sedimentos para relleno de captura. La estructura metálica debe galvanizarse en caliente de acuerdo con EN ISO 1461 y se debe tener cuidado de asegurar que no queden bordes afilados después del galvanizado.

Las estaciones de limpieza de botas para varias personas, con señalización adecuada, deben colocarse en los principales puntos de salida del campo. Si se monta en un exterior (ver figura 2), el campo de césped sintético debe colocarse en un área pavimentada empotrada que esté diseñada para retener el relleno desprendido con un drenaje. Dicho drenaje debe estar equipado con trampa de sedimentos para evitar que cualquier partícula de microplástico del relleno sea transportada por la escorrentía del agua de lluvia. En el campo de fútbol de San Jorge no hemos podido ver dichos dispositivos.

Pero tenemos que subrayar que ni siquiera es posible garantizar el cumplimiento de la normativa vigente, especialmente cuando en un intervalo de menos de dos décadas al menos tres riadas extraordinarias (2003, 2013 y 2021) han superado los períodos de retorno de 500 años y los drenajes acaban expulsando el agua. Si como se ve en la figura 9, el drenaje perimetral con recogida hubiese seguido funcionando, de nada serviría al ubicar el campo en una llanura de inundación.

En la siguiente figura (2) se puede ver el campo de fútbol desde el norte en una toma con Google Earth y la crecida (aún no en su momento álgido) del día 10 de diciembre de 2021 en otra toma desde el norte, en un piso de la Plaza Dr. Ortiz de Landáuzuri, publicada por Diego Elandante en Twitter.



Figura 2. Arriba: Toma del campo de fútbol de San Jorge con Google Earth desde el norte. Abajo, fotografía desde el norte, en un piso de la Plaza del Dr. Ortiz de Landázuri publicada en Twitter por Diego Elandante. En ese momento algunas de las conducciones estaban expulsando agua. Se puede ver también que el río ha crecido discurriendo por su llanura de inundación retomando su dinámica natural de erosión, transporte y sedimentación en cada fase energética. Los gránulos de microplástico (varias toneladas) son incorporados a la corriente, transportados y sedimentados en las áreas de inundación aguas abajo: huertas, bosques de ribera, infraestructuras, etc. Esta imagen es sorprendentemente fiel al $T = 500$ años.

Durante la semana del 17 de enero de 2022, como comentamos, se procedió a la reposición del relleno, pudiéndose testificar que una buena parte de este nuevo relleno también se dispersó por los alrededores (figura 3) desde unos sacos abiertos y en algunos casos entornados. También pudimos ver niños jugando con el material.

El riesgo de que esto ocurra está contemplado en el CEN/TR17519:2020 y debe minimizarse mediante la planificación con el uso de prácticas de trabajo apropiadas, tales como el suministro en bolsas resistentes adecuadas que no estén ni rasgadas ni abiertas, garantizando que los materiales se almacenen en recintos seguros para evitar el manipulado de terceros e incluso el vandalismo de las bolsas.

Según el CEN/TR17519:2020 sólo se podrán abrir las bolsas dentro de los límites del campo y no transportando relleno suelto desde fuera del campo a los equipos de instalación. Es importante asegurarse de que las bolsas de relleno vacías se recojan y contengan antes de que abandonen el área de campo, no permitir la instalación del relleno hasta que el perímetro del campo esté seguro y las medidas de contención apropiadas, tal como se describen en CEN/TR17519:2020, asegurarse de que el equipo de instalación de relleno y los cepillos para alfombras estén completamente limpios antes de que abandonen el área de campo y todas las medidas de sentido común que sirvan para evitar la dispersión.

Constatamos que pudimos ver a usuarios de las instalaciones que, como espectadores, jugaban con el material que yacía en sacos abiertos en la parte alta de las gradas. En cualquier caso, las medidas indicadas en el CEN/TR17519:2020 no son aplicables en campos en llanuras de inundación, simplemente porque, aunque sea posible el ejecutar los detalles constructivos con la mayor ambición medioambiental y el mayor grado de pulcritud y puesta en obra posible, sus objetivos son imposibles de cumplir.

El caso de San Jorge seguramente no sea un caso aislado. En España hay más de 7.000 campos de fútbol con césped artificial de plástico que usan el granulado de caucho de neumáticos reciclados para conseguir una superficie más blanda, apta para el juego y que minimice los daños a los deportistas en las caídas y raspaduras.

No parece pues que las llanuras de inundación sean lugares idóneos para acoger este tipo de instalaciones y si se opta por que sean estas unidades geológicas las elegidas para ubicar ciertas actividades deportivas como el fútbol, entonces la tercera generación de campos de césped sintético no es la fórmula adecuada.

Pero en España también existe la investigación que propicia alternativas viables en llanuras de inundación, sostenibles y mucho más económicas que involucran las nuevas tecnologías de tierra batida o los campos de caucho de fibras naturales. También los de hierba natural.



Figura 3. a) almacenaje de los nuevos sacos en los márgenes del campo al lado de los espectadores; b) restos de material una vez retirados los sacos superiores; c) restos de material fuera de las instalaciones cercanos al carril bici y d) restos de microplásticos junto al paso de cebra para acceder al campo.

5.4. Algunas cifras del caucho granulado proveniente del triturado de neumáticos

Cerca de un millón de niños y jóvenes juegan en estos campos y todos ellos se llevan en calzado y ropa el granulado que, sumado al viento y la lluvia (sin contar las inundaciones) de media supone un 10% de pérdida anual. Es decir, cada campo de fútbol necesita unas 100 toneladas de granulado y se ha estimado que un 10% cada año debe ser repuesto por lo comentado, es decir unas 10 toneladas debidas exclusivamente al uso y la intemperie.

En sentido general, el caucho sintético representa actualmente entre el 60% y el 70% de la parte elastomérica total del neumático de un automóvil. En los diversos compuestos del caucho se utilizan otros aditivos para modificar la manipulación, la fabricación y las propiedades del producto final. Polímeros estabilizadores, adyuvantes del tratamiento, aceleradores, agentes vulcanizadores y suavizantes, son algunos de los aditivos más utilizados.

A finales del siglo XX se inició lo que se denomina “tercera generación de césped artificial” al incluirse partículas de caucho triturado en los rellenos artificiales. En los pavimentos de césped artificial de tercera generación, el pelo alcanza de 50 a 70 mm de longitud (figura 4). Ahora tienen menos densidad que sus precedentes, pues al colocar este caucho cuya densidad es de 0,4-0,5 gr/cm³ (por ello flota) el amortiguado de impactos es mejor. La arena que lo acompaña (sin compactar) apenas alcanza los 2 g/cm³ por ello también se produce con el tiempo una migración de los granulos hacia la superficie del campo.

Al colocar granulado de caucho (SBR: caucho estireno butadieno; EPDM: copolímero etileno-propileno-dieno; TPE: elastómeros termoplásticos; relleno natural de fibra de coco, etc.) las fibras reducen la abrasión, ya que en vez de polipropileno se utilizan polietilenos lubricados (PE).

Estos suelos tienen una mejor capacidad de absorción de impactos que las generaciones precedentes, son más parecidos en su comportamiento a la hierba natural. Pero no solo la mejora de prestaciones es puramente mecánica. Con el fin de mantener las fibras sintéticas en una posición vertical y proporcionar la elasticidad deseada del campo, se utilizan estos granulados como una solución microestructural.

El material de relleno más común en los campos de fútbol de tercera generación, que ya alcanza hasta en un 90%, es el caucho de estireno-butadieno (SBR), que se recupera de los neumáticos de los vehículos al final de su vida útil.



Figura 4. Césped artificial sintético de 3ª generación. El relleno en estas superficies sintéticas actúa de soporte horizontal de las fibras verticales de césped. Por tanto, la incorporación de una mezcla de arena de sílice con granulado de caucho es una solución tecnológicamente óptima. Debido a la notable diferencia de tamaño y densidad de ambos productos y la imposibilidad de mezclarlos, el procedimiento de instalación se ejecuta alternando capas de caucho con tongadas de arena. Al tener el caucho menor densidad, éste tiende a buscar la superficie, garantizándose de esta forma que la compactación de la arena se produzca más tarde. Fuente de la imagen: Consejo Superior de Deportes.

El relleno de caucho tiene un diámetro de partícula medio de aproximadamente 2 mm, considerándose por ello microplástico debido a su tamaño, pero esencialmente por su contenido sustancial de polímeros. Con independencia de la fragmentación de las fibras por el uso y la liberación de estas partículas al medio (fenómeno que es común a cualquier tipología de campo), son los de tercera generación, al incorporar el relleno de partículas de caucho y su liberación al medio, los que presentan una problemática especial en el aporte de microplásticos a las aguas superficiales y los que la CE ha puesto en el punto de mira.

Así la capa más superficial siempre es de caucho, se ejecute como se ejecute, ya que finalmente la densidad se impone. La cantidad de caucho a emplear en un campo de tercera generación varía entre 10 y 15 kg/m². Su granulometría y su forma —que depende del proceso de obtención del caucho— arroja un material de partículas de entre 0,5 y 3 mm de diámetro, por lo que, como venimos diciendo, se consideran microplásticos.

El detalle es fundamental. Hemos preguntado a varios deportistas y entrenadores sobre esta realidad y, en general, no sabían ni que jugaban sobre microplásticos ni tampoco sobre el alcance y gravedad para la salud de su dispersión en el medio. El granulado de caucho puede ser de diferentes tipos, pero el más utilizado es el relleno de caucho SBR por sus propiedades mecánicas y su precio.

En la fabricación de los campos de césped artificial y de las bases para otros campos deportivos se emplea hasta un 54% del total del caucho consumido en España. En forma de pavimentos para parques infantiles, pistas deportivas y pavimentos de seguridad se absorbe un 35% del caucho total consumido, que supone una aplicación de utilidad para reducir riesgos y lesiones por accidentes o caídas.

El caucho empleado como sustitución o aditivo de otros ingredientes en la fabricación de piezas moldeadas y artículos de caucho consume el 9% del caucho total producido. Respecto a la utilización del polvo de caucho en la fabricación industrial de betún, ésta supone un 2% del caucho producido (CEDEX, 2017).

Los últimos datos facilitados por el Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX) sugieren que estarían presentes en el 90% de los campos de césped artificial de todo el mundo. El relleno de caucho no es empleado en rugby, hockey y no está presente en el césped de pistas de tenis o pádel, tampoco en piscinas.

5.5. Sobre la ubicación de los campos de fútbol de hierba sintética de tercera generación

Todas las normativas y guías consultadas subrayan la necesidad de implementar procedimientos para evitar la dispersión al medio. Se hacen referencias constantes a la lluvia, el viento, las labores de construcción, mantenimiento e incluso desmantelamiento. Por ejemplo, tenemos el dato de que en zonas donde nieva, la nieve arrastra una buena cantidad de partículas de estos campos, así lo publica Kommunernes International Miljøorganisation u Organización Ambiental Internacional de Autoridades Locales (KIMO), con sede en Dinamarca.

En su trabajo *“Contaminación por microplásticos del césped artificial: una guía de campo”* de 2017, llegan a cuantificar que, a lo largo del curso de un año regular, la capa de gránulos de caucho debe ser "rellenada" de manera constante añadiendo una media de 3 a 5 toneladas de granulado a cada campo de fútbol de césped artificial europeo, de las que la mitad terminará en el medio ambiente a través de las siguientes vías:

- (1) Por liberación a las áreas pavimentadas que rodean el campo desde donde las operaciones de lavado o el agua de lluvia las arrastrará al alcantarillado o a las aguas superficiales.
- (2) Por liberación de las partículas de relleno a través de su contacto con bolsas deportivas, calzado, prendas de vestir o incluso en el cabello de los usuarios desde donde se eliminan por vaciado o se liberan en el sistema de alcantarillado a través de las descargas de las lavadoras y...
- (3) Por liberación directa por el propio drenaje del campo a las aguas subterráneas, liberación al sistema de alcantarillado o liberación a arroyos cercanos debido a las fuertes lluvias.

En efecto, las guías noruegas, alemanas, danesas y portuguesas contemplan que los gránulos sintéticos de caucho y las fibras del césped de plástico quedan atrapados en el pelo, la ropa y el calzado de los jugadores y se transportan al final del juego fuera de las instalaciones. Cuando estas prendas se lavan, acaban en las aguas residuales. Asimismo, cuando llueve parte de los gránulos o fibras sueltas serán arrastradas directamente a las aguas de alcantarillado. (Ver *“Estudio sobre identificación de fuentes y estimación de aportes de microplásticos al medio marino. Programa de seguimiento de micropartículas en playas (bm-6)”* 2016. Ministerio de Fomento. Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente, página 23 de 142. Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas CEDEX).

En el Artículo 4 de la Orden TED/1522/2021, BOE de 29 de diciembre de 2021, nos indican las limitaciones en la utilización de caucho granulado o de polvo de caucho que ha dejado de ser residuo para pasar a formar parte de un material reciclado que puede entrar, como es el caso, en el ciclo económico favoreciendo la economía circular que, por ejemplo, se impulsa desde la CE con el Dictamen Europeo SC/048 sobre nuevos modelos económicos sostenibles del Comité Económico y Social Europeo (CESE) presentado por el Gobierno de Navarra el 21 de noviembre de 2019:

“No estará permitido el uso de caucho granulado o polvo de caucho, en artículos cuya finalidad requiera el contacto permanente con la piel, salvo que para el uso que se destinen se cumplan los umbrales establecidos en el Anexo XVII del Reglamento (CE) 1907/2006 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 18 de diciembre de 2006 al que se hace mención en el artículo 7.2, tales como:

- a) Equipos deportivos, como puños de bicicletas o empuñaduras de palos de golf y raquetas.*
- b) Utensilios para el hogar, como utensilios de cocina o andadores.*
- c) Herramientas de uso doméstico, prendas de vestir, guantes y ropa deportiva.*
- d) Correas de relojes, pulseras, máscaras, cintas para el pelo.*
- e) Juguetes y artículos para la puericultura.*
- f) Materiales para la industria farmacéutica.*
- g) Materiales en contacto con alimentos.*

Para continuar en su Artículo 2 afirmando que:

“No estará permitido el uso de caucho granulado en aplicaciones en que se utiliza como material no ligado en campos de césped artificial o en bases para otros campos que no cuenten con las medidas de contención adecuadas para reducir y controlar la liberación de partículas al medio”. BOE. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 394 Orden TED/1522/2021, de 29 de diciembre de 2021.

También quisimos conocer la opinión del sector, ya que no hemos encontrado material específico en lo referente al caso de los campos de fútbol de hierba sintética de tercera generación que involucre a la actividad de distribución del territorio y urbanismo.

Alejando Navazas es director científico de la European Recycling Industries' Confederation (EuRIC) y publicaba recientemente (julio de 2021) un artículo en la revista sectorial de la Federación Española de la Recuperación y el Reciclaje (FER) titulado *“Microplásticos: un riesgo evitable para la Economía Circular del neumático”* (FER N°181 pg.43):

“Como recicladores, compartimos y expresamos nuestro apoyo a los objetivos de la UE: la contaminación del medio ambiente por microplásticos es inaceptable. Por ello, y dado que la sostenibilidad es parte de nuestro ADN, llevamos desde hace años, junto a toda la cadena de valor, trabajando en el desarrollo e implementación de medidas de contención en campos artificiales (barreras perimetrales, felpudos de limpieza para botas, adecuación sistemas de filtrado...), medidas recogidas en el informe técnico CEN/TR 17519 del Comité Europeo de Normas (CEN). De esta manera, y a diferencia de otras aplicaciones, la liberación de microplásticos desde campos de césped artificial sí es evitable, ¡hasta un 98%! Pero este esfuerzo aislado no es suficiente y por eso animamos a la Comisión Europea (CE) a introducir obligatoriamente medidas correctoras en campos artificiales para evitar las emisiones de microplásticos, una de las opciones propuestas por la Agencia Europea de Sustancias y Mezclas Químicas (ECHA)”.

El director de EuRIC fue contactado por el caso de este informe del campo de fútbol de San Jorge y vio parte del material, además de ser informado de lo sucedido. Nos contestó que:

“Para minimizar cualquier tipo de riesgo, lo mejor sería directamente no situar estos campos en esas zonas. No hay mejor medida correctora que implementar el sentido común cuando se selecciona la zona de construcción del campo. Y esto es lo que estamos pidiendo desde EuRIC, una evaluación minuciosa y control de las instalaciones deportivas en donde se introducen nuestros materiales reciclados para evitar que estos acaben donde no tienen por qué acabar. Las inundaciones de ese calibre [se refiere a las de 2003, 2013, 2015 y 2021 en Pamplona], así como otros fenómenos ambientales, son el claro ejemplo de que estamos rompiendo el equilibrio con la tierra. Por ello, cualquier gesto ayuda, en este caso, el reciclaje de neumáticos o de muchos otros materiales, contribuye a disminuir el impacto de nuestra sociedad en la tierra”.

6. LA DINÁMICA GEOLÓGICA COMO BASE PARA LA DISTRIBUCIÓN DEL TERRITORIO

La configuración urbana y territorial surge de la interacción compleja de dos factores: geología y geografía por una parte y política (o urbanismo y ordenación territorial) por otra. La interacción no es lineal ni suele generar los resultados planificados desde el urbanismo.

La geología de un territorio se compone de estructuras naturales (lo que algunos técnicos denominan infraestructuras ambientales) y de una geología antrópica “*construida*”, en particular las infraestructuras artificiales y concretamente las que afectan al curso natural del río.

6.1. Ecologías en red

La política trabaja sobre la geología natural y construida, pero la primera, a través de la dinámica local, moldea los resultados efectivos de las estrategias políticas. Se puede definir este sistema como “*ecologías en red*” tal como propone Kazys Varnelis, director del Laboratorio de Arquitectura de Red y cofundador de Architecture Urban Design Collaborative (AUDC).

Por tanto, las “*ecologías en red*” son “*sistemas hipercomplejos producidos por la tecnología, las leyes, las presiones políticas, los deseos disciplinares, las restricciones ambientales y una miríada de otras presiones, agregadas y con mecanismos de retroalimentación*”. *The Infrastructural City: Networked Ecologies in Los Angeles*. Varnelis, Kazys (ed.) (2009). Por ello el conocimiento de la geología natural y artificial supone un requisito previo recogido en normativas como el Código Técnico de la Edificación (CTE, 2007) o la Ley del Suelo de 2008.

6.2. Geología

Con motivo de la construcción de la pasarela que cruza el río desde el campo de fútbol de San Jorge hasta el cementerio de Pamplona, con fecha 11 de mayo de 2007, D. Raúl Escrivá Peyró, ingeniero de caminos, diseñador y proyectista de dicha pasarela, encargó al Laboratorio de Edificación del Instituto Científico y Tecnológico de Navarra S.A. la realización de un estudio sobre las características geológicas y geotécnicas del entorno y los terrenos cercanos al río Arga para el diseño de dicha pasarela. La zona donde se previó construir dicha pasarela ha sido inundada en todas las crecidas y para ello se pensó. El estribo derecho se ubicó a un par de metros del entonces viejo campo de fútbol de tierra batida de San Jorge y el objetivo era la conectividad urbana hacia las nuevas instalaciones deportivas que se construirían al otro lado (estribo izquierdo): Aquavox San Jorge (ver figura 1).

La zona escogida para la ubicación de la pasarela era parte del paseo fluvial del Arga y se integraba con el propio paseo; geología natural y artificial, como pasarelas e infraestructuras con la remodelación del área deportiva conformaron el nuevo contexto. El técnico firmante de aquel estudio geológico y geotécnico del área a modificar fue el mismo que redacta el presente informe. Entonces escribía:

“Geológicamente se trata de una zona denominada llanura de inundación y fondos de valle con materiales de origen coluvial y aluvial. Éstos están compuestos por rellenos de origen antrópico en la parte del cementerio y arenas, arcillas y gravas en un paquete variable entre 2 y 5 m en la zona del campo de fútbol; se presumen unos rellenos de muy poco espesor, máximo de 3 m. Son terrenos que almacenan un nivel freático relacionado siempre con la altura del río. Posteriormente, bajo ellos las Margas de Pamplona suelen aparecer en estado sano, debido a la erosión y desaparición de los tramos iniciales. La zona escogida para ubicación de la pasarela coincide con la zona de erosión de los terrenos terciarios y la llanura de inundación del Arga en la zona”. A. Aretxabala, 2007

El informe va acompañado de una serie de planos y cortes del terreno con información sobre la dinámica geológica y las propiedades mecánicas y geotécnicas para garantizar el apoyo y empujes de la estructura, indicaciones y medidas a tomar con respecto a las crecidas o la permeabilidad del terreno.

6.3. Inundaciones

Tras las catastróficas inundaciones de junio de 2013, las cuales son consideradas en ámbitos científicos como las primeras en arrastrar toneladas de microplásticos aguas abajo, el Ilustre Colegio Oficial de Geólogos (ICOG) advertía entonces a los gestores públicos, a través de la figura de su delegado en Navarra (quien suscribe), que permitir las construcciones sin mapas de riesgos o no cumpliendo sus especificaciones, podría tener consecuencias jurídicas de carácter civil y penal.

Sin embargo, la realidad constructiva en España y en Navarra no cambió mucho a pesar de la introducción de nuevos códigos y leyes que tuvieran en cuenta las “*ecologías en red*”, tal y como hemos vivido en las sucesivas inundaciones sistemáticamente calificadas de “*históricas*” y especialmente las recientes de diciembre de 2021 y enero de 2022.

Muchos inmuebles han pasado a ser afectados por la dinámica geológica natural previamente estudiada, testificada y supuestamente añadida a los proyectos urbanísticos cuando ya existían nuevos códigos y leyes, creando una geología artificial notablemente inestable y carente de la mínima resiliencia tras el impacto cada vez más frecuente e intenso de las inundaciones.

La Ley del Suelo de 2008 aún sigue sin desarrollarse en muchas comunidades y ayuntamientos, recordemos que en su Artículo 15 obliga a cotejar los mapas de riesgo, entre ellos los de inundabilidad, antes de urbanizar o distribuir el territorio con referencia a ciertas actividades.

Todo lo anterior vuelve a poner encima de la mesa el hecho de que, cada vez que se produce una “*catástrofe*” de origen no tan natural como unas inundaciones con una clara componente dirigida (ver “*Resiliencia y gestión del riesgo del espacio fluvial de Pamplona*”, Ayuntamiento de Pamplona, Eva Cabrejas, 2018), los estudios posteriores que identifican configuraciones urbanas y dinámicas geológicas no son tenidos en cuenta.

Como es el caso de las inundaciones de Pamplona de junio de 2013, 2015, 2018 y 2021, apuntan a que una y otra vez los informes de análisis posteriores señalan siempre las mismas deficiencias relacionadas con el conocimiento del medio y la adecuación de nuestras ciudades a dicho medio evolutivo y cambiante. Esta vez, tras las inundaciones también “*históricas*” de 2021, la cosa no cambia.

Una y otra vez ven la luz los mismos fallos denunciados en las experiencias anteriores. Por otro lado, las medidas que se toman siempre son correctoras después de las desgracias y casi nulas las preventivas, las cuales se ven aún por las instituciones como algo carente de valor próspero.

La implantación de políticas preventivas y optimizadoras, acordes con los rasgos ambientales, geológicos, climáticos, y de distribución del territorio, todavía se advierten por parte de nuestros dirigentes, como algo difuso y “*limitativo de desarrollo económico*”.

Las actuaciones post-catástrofe se orientan mucho más hacia una exigencia de recuperación de la situación igual a la anterior que hacia la posibilidad de impulsar nuevas políticas para garantizar la resistencia futura y la resiliencia.

La extraordinaria complejidad del entramado jurídico español sobre la gestión del agua y la confusión derivada de su frecuente uso en el ámbito de los enfrentamientos políticos son responsables en buena medida también de nuestras catástrofes, a veces mucho más que su desequilibrado reparto e incomprensible y vehemente dinámica.

Sin lugar a dudas en Navarra hay un exceso de discurso vertical: si nuestros dirigentes insisten en sus grandilocuentes “*soluciones definitivas*” anunciadas ya en 2013, 2015, 2018 y recientemente también, esta vez para acometer acciones *contra* las inundaciones, como si algo así fuera posible; mucha gente (que no es especialista en estos temas) acaba adoptando esa visión como la única posible.

Se trataría de una muestra más de la deficiencia pedagógica de nuestras instituciones y medios de comunicación de masas en los que se apoyan; en vez de divulgar soluciones resistentes y resilientes a medio y largo plazo, presentan los siempre mediática y ostentosamente exhibidos “*parches*” rodeados de pompa, a ser posible con mucho bombo y platillo.

Y lo mismo vale para el agua que para los terremotos, los incendios o los tornados. El problema es que, como apunta el informe integral del Arga de Eva Cabrejas para el Ayuntamiento de Pamplona de 2018, la mayoría de estas medidas puntuales agravan el impacto.

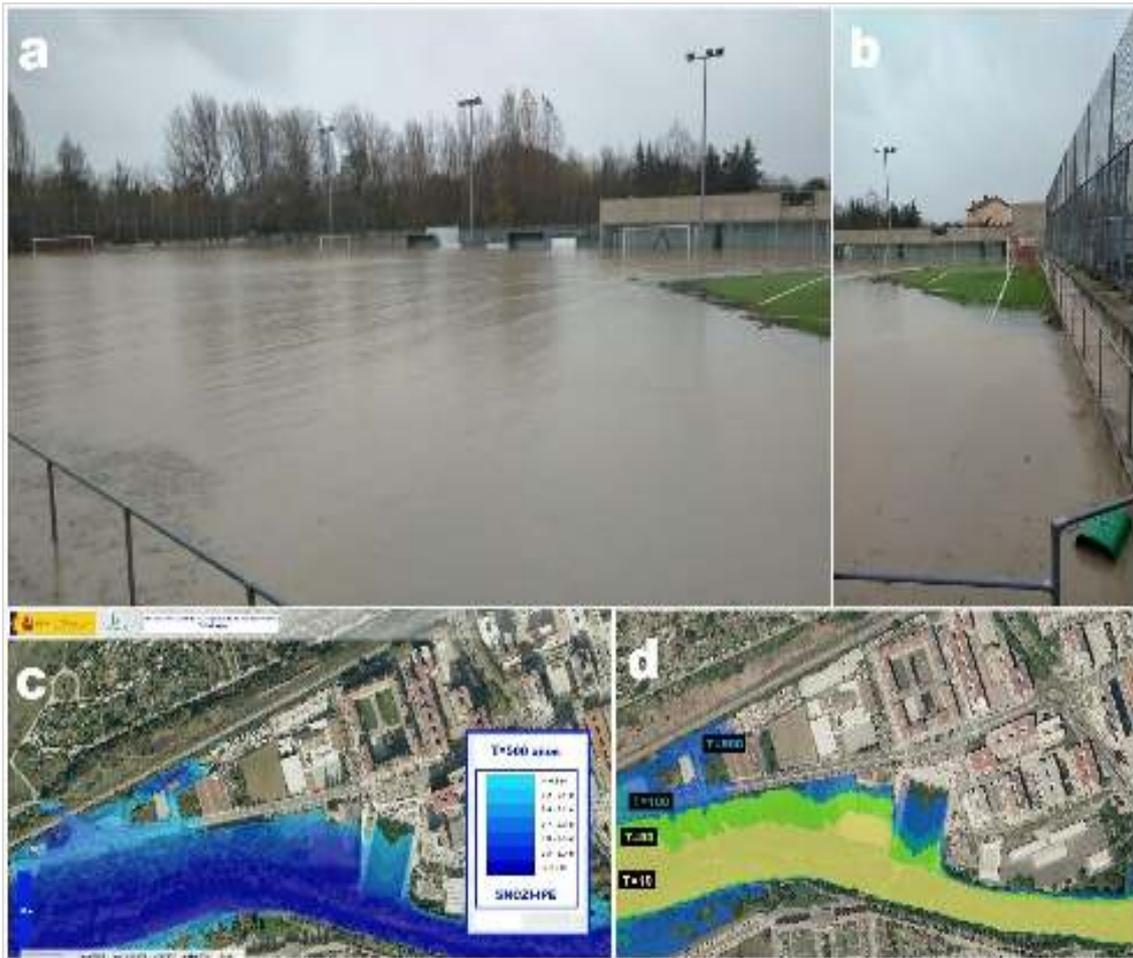


Figura 5. a) aproximadamente el 97% de la superficie del campo de San Jorge se inundó en diciembre de 2021 y pasó a formar parte de la dinámica habitual de una llanura de inundación con sus agentes de erosión, transporte y sedimentación; b) se puede observar en la foto publicada por *Pasando el Tiempo* en Twitter el día 10 de diciembre, que la inundación llega en ese momento (que no fue el máximo) hasta el área pequeña de la portería norte. En la portería sur la profundidad se acercó a los 2 m; c) mapa de inundabilidad SNCZI para un periodo de retorno de T=500 años según el Ministerio para la Transición Ecológica y Reto Demográfico. Obsérvese que la curva de 500 años no llega hasta el área grande y d) mapa de inundabilidad de IDENA (Gobierno de Navarra) ídem. Es de destacar que este nivel de inundación, cuyo periodo de retorno sería de 500 años, se sobrepasó con creces en 2003, 2013 y 2021, quedando entre 50 y 500 años en las de 2009, 2015, 2018 y 2019.

6.4. La Directiva Marco del Agua (DMA, 2007, CE), la salud y el principio de solidaridad

La Directiva Marco del Agua (DMA, 2007, CE) pone el acento a que los Estados den más espacio a los ríos, teniendo en consideración el mantenimiento y el restablecimiento de las llanuras aluviales, así como medidas para prevenir y reducir los daños a la salud humana, el medio ambiente, el patrimonio cultural y la actividad económica a largo y no a corto plazo.

Estos planes de gestión del riesgo de inundación deben ser revisados periódicamente y en caso de necesidad actualizarse, teniendo en cuenta las repercusiones del cambio climático en la incidencia de inundaciones y nuevos usos, construcciones y dotaciones a los territorios.

El principio de solidaridad —al que se apela desde la DMA 2007 de la CE—, adquiere así un papel protagonista en la gestión del riesgo de inundación, quedando rechazadas las actuaciones locales que lo que hacen es derivar el problema aguas abajo en la falsa creencia de poder acometer acciones “contra” las inundaciones en un determinado tramo (ver “*Pamplona encargará un análisis sobre áreas de mejora a acometer contra las inundaciones*”. Ayuntamiento de Pamplona, N. P. diciembre de 2021), en perjuicio de las comunidades a las que habitualmente se les encañona un caudal que, en cuanto pueda, se expandirá e inundará lo primero que encuentre, sean huertas, granjas, polideportivos, zonas residenciales o bosques de ribera.

Es decir, podemos, por ejemplo, intentar disminuir el problema en la Rochapea pasándolo a San Jorge con soluciones urbanísticas o de contención local y así los microplásticos de San Jorge ser llevados con más facilidad y frecuencia aguas abajo, a la Ribera, una y otra vez (téngase en cuenta que estamos hablando de un solo caso, el de San Jorge, en el transcurso del Arga hay varias instalaciones deportivas similares en áreas de inundación como las hay en el Ega, Arakil y otros espacios fluviales).

6.5. El problema de los períodos de retorno

El problema de los retornos actuales de las inundaciones se ha venido tratando de forma probabilística, pero con poca o ninguna revisión sobre los planes urbanísticos tras cada evento calificado de “*histórico*” una y otra vez por el Consistorio afectado (ver figuras 5 y 6).

Por ejemplo, en el caso del Ebro a su paso por la Comunidad Foral, está estimado que las inundaciones se producirían, en algunas zonas de las afectadas, en un periodo de entre 50 y 100 años, según el IDENA (Infraestructura de Datos Espaciales de Navarra), cuando en lo que va de siglo XXI ya se han registrado ocho, de las que destacan tres especialmente (2003, 2013 y 2021).

La primera estación de aforo con buenos datos históricos que encontramos en el Ebro tras la aportación del Arga es la de Castejón. Desde 2001 vivimos crecidas mayores que demuestran que las motas y otras canalizaciones no son una solución y sí muchas veces un problema.

En Navarra hemos visto también que, tal y como se adelantó desde la ciencia ambiental, climática y geológica, los impactos extremos debidos a los dos factores fundamentales indicados en la Directiva Marco del Agua (DMA, 2007): calentamiento global y conquista de las llanuras aluviales, siguen en aumento.

Otro ejemplo es el meandro de la Rochapea (figura 6), el río Arga presenta una naturalidad de caudal que ya se calificó en 2018 por el Ayuntamiento de Pamplona con “*un cero*” en el informe encargado ese año que, como punto de partida, serviría para la redacción y ejecución de un plan integral de convivencia con el río Arga “*Resiliencia y gestión del riesgo del espacio fluvial de Pamplona*” (Eva Cabrejas 2018).

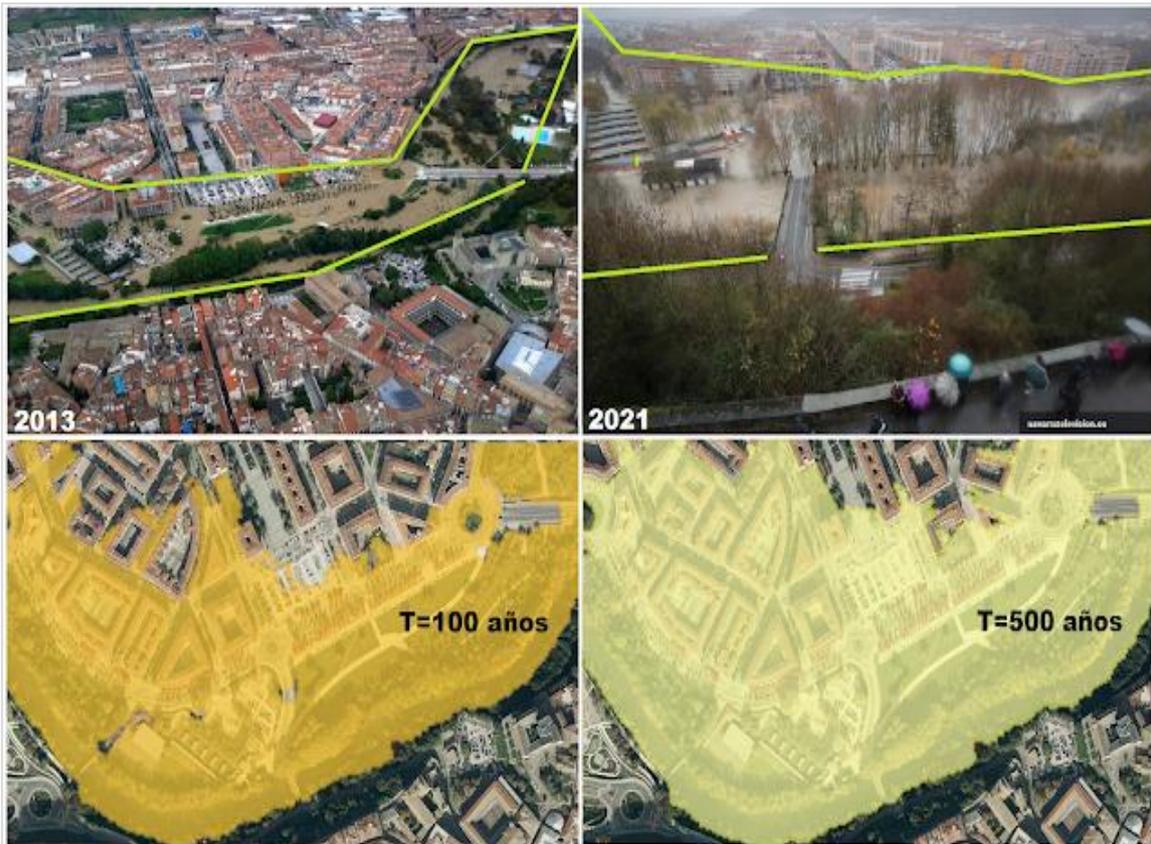


Figura 6. Arriba: fotografía de las inundaciones de junio de 2013 (Gobierno de Navarra) y de diciembre de 2021 (Navarra Televisión) en la Rochapea. Abajo: mapas de periodos de retorno T 100 y T 500 años para la zona, IDENA.



Figura 7. Seguimiento de los 22 años de siglo XXI en los 14 eventos sucedidos con caudales por encima de 1500 m³/s en Castejón, seis de ellos entre 2000 y 2011 y ocho de 2011 a 2022. A pesar de haber disminuido las precipitaciones, estos eventos crecen en frecuencia y en cantidad en torno a 100 toneladas de agua por segundo cada década.

El incremento de caudales, frecuencias y, por tanto, de daños, es cada vez mayor. Un ejemplo lo podemos visualizar en el seguimiento de los 22 años de siglo XXI y los 14 eventos sucedidos con caudales que superaron las 1500 toneladas de agua cada segundo en Castejón, seis de ellos entre 2000 y 2011 y ocho de 2011 a 2022 (figura 7).

Las motas, diques y elevaciones con rellenos, como las realizadas en el Parque Runa de la Rochapea en Pamplona, además de las soluciones urbanísticas como las muy avanzadas en las viviendas de VPO de la Plaza de Pompeyo, no solucionan el problema para los casos extraordinarios (según el informe del Ayuntamiento de Pamplona de 2018, en la casi totalidad de los casos estudiados los empeoran), funcionando relativamente bien para períodos de retorno entre 10 y 50 años.

En consideración a esas comunidades —a las que se les pasa el problema de la inundación en sí o de los microplásticos de los campos de tercera generación en llanuras de inundación— debe animarse a los Estados miembros a buscar una distribución justa de responsabilidades, cuando se decidan conjuntamente medidas para el beneficio común y no parcial, en lo referente a la gestión del riesgo de inundación y contaminación a lo largo de todo el curso del río (DMA, 2007, CE).

Las consecuencias de no haber comprendido el *principio de solidaridad* de la DMA siguen siendo nefastas porque el *auzolan* no consigue entrar en las mentes esculpidas y formadas en el mundo de constante expansión y crecimiento que ya no existe, fueron moldeadas con la modernidad industrial, un mundo encaminado a la inapelable descomplejización que vivimos, fenómeno social que incluso hoy provoca un rechazo irracional y violento.

Para más información sobre el papel del *auzolan* como estrategia en las inundaciones, recomendamos el libro “*Hasta aquí llegó la penúltima riada: las enseñanzas del Zidacos*” AA. VV. Auzalan 2019 Ed. Altaffaylla. ISBN: 849463654, escrito por diferentes técnicos de las administraciones, científicos, representantes públicos, afectados, etc., tras las catastróficas inundaciones de julio de 2019 en la Zona Media de Tafalla.

Creemos que es necesario un estudio ambicioso de cuál ha sido el alcance del vertido y si es posible hacer un seguimiento de a dónde han ido a parar las toneladas de caucho reciclado granulado y microplásticos que se llevó el río Arga a su paso por San Jorge, si hay más campos en la misma o similar situación y si ahora, como es probable, al entrar en la cadena trófica a través de los alimentos cuáles van a ser las consecuencias para nuestra salud.

7. ALTERNATIVAS

Vamos a presentar unas posibles alternativas tecnológicas caracterizadas por:

- Ausencia de toxicidad.
- Totalmente biodegradables.
- No exige empresas homologadas para su retirada ni su conducción a plantas de reciclado.
- Posible reutilización.
- Menor coste medioambiental.
- Menor coste económico de su retirada.
- Nulo impacto en subsuelo.

7.1. Fibras orgánicas

Fundamentalmente se trata de una mezcla de material tamizado de corcho y coco. Después de procesar el corcho de las cortezas de alcornoque y tras un cuidadoso proceso de selección y elaboración, el grano de corcho está listo para ser aplicado en los campos de fútbol, de forma fácil, rápida y limpia como un producto ecológico con una serie de ventajas significativas:

Al ser el corcho un producto natural y aséptico, no es necesaria la utilización de elementos de prevención a la hora de su instalación. Menor peso: facilidad de transporte y manejo. Perfecta adaptación a cualquier tipo de césped artificial. El olor desprendido durante la instalación, es inocuo y agradable. Esta tecnología se está utilizando ya en los campos de fútbol de algunos equipos de Primera División.

En Europa se están renovando los campos. En España estamos en una fase inicial, concretamente en la implementación de los mismos. Estos productos ya se fabrican en España y están instalados en más de una veintena campos de fútbol, muchos de ellos fuera de España, concretamente en Francia, Holanda e Irlanda, Dubái, Finlandia, Rusia, Nepal, China y Alemania. El primer campo en que se empleó el denominado comercialmente CorkGreen fue el de Marseille Stade Merlan, en Francia. Cumplen la normativa de superficies deportivas UNE-EN 15330-1:2008, lo que implica que supera satisfactoriamente los requerimientos de FIFA.

Las mezclas de corcho y coco como relleno para césped artificial, en vez de caucho granulado, tiene además las ventajas de que no son productos tóxicos ni abrasivos y son totalmente biodegradables. Por otro lado, el campo alcanza una menor temperatura que con el relleno de otros productos ya que proporciona mucha más estabilidad termométrica gracias a su gran capacidad de absorción de la humedad, así el ahorro de agua para bajar la temperatura de los campos se reduce de forma considerable.

El olor y el componente estético son otras dos ventajas. El impacto visual de un campo de fútbol con granulado de corcho se considera por los propios usuarios más atractivo que con el uso de otros productos alternativos como el caucho de neumáticos triturado y el olor que desprende, especialmente en los supuestos de riego o lluvia, es agradable.

En cuanto a las características deportivas, el empleo de ambos rellenos da un mayor realismo en el juego y permite a los jugadores moverse con mayor libertad, asegurando un menor riesgo de lesiones y por supuesto de medidas como lavados, cuidado de la ropa, etc.

En cuanto a la instalación y el mantenimiento, también existen ventajas significativas. Al ser productos naturales y asépticos no es necesario el empleo de elementos de prevención a la hora de su instalación y se adapta perfectamente a cualquier tipo de césped artificial. Además, el olor desprendido durante la instalación, es inocuo y agradable. En caso de riada no se van a contaminar las huertas aguas debajo de microplásticos como ha sucedido en las pasadas riadas.

El mantenimiento es similar en cuanto a costes. No exige empresas homologadas para su retirada ni su conducción a plantas de reciclado, a diferencia del caucho granulado de neumáticos triturados que, a la hora de cambiar un campo, por ejemplo, tiene que ir a una planta de reciclaje. Este punto supone un menor coste medioambiental, no tiene impacto en el subsuelo y tiene un coste económico menor a la hora de su retirada.

7.2. La nueva tierra batida

Las pistas de tierra batida se han venido utilizando históricamente sin prácticamente ningún control o estudios dedicados, especialmente en barrios y campos de las categorías más bajas. Sin embargo, en los últimos años se ha avanzado considerablemente en la implantación de una tecnología clásica que ha sido muchas veces abandonada por falta de cultura, investigación y la invasión de los gránulos de caucho de los neumáticos reciclados.

Los campos de tierra batida pueden alcanzar prestaciones similares a las de los campos de fútbol de hierba sintética. Uno de los impedimentos que recientemente habría frenado su evolución y desarrollo se suele vincular a las caídas y raspaduras. Hoy en día pocos campos de categoría son construidos en terrenos de tierra batida. Esta superficie se suele reservar para terrenos anexos o de entrenamiento.

Históricamente y sin control tecnológico alguno, se solían humedecer de manera regular para una mejor absorción de los impactos, mejorar el deslizamiento y favorecer la plasticidad de la capa superficial, lo cual a su vez facilita la propia nivelación con frecuencias adaptadas a la realidad de los ajustes topográficos (ver lo sucedido con los campos de fútbol de Santa Quiteria en Tudela). Formará así parte del propio mantenimiento el nivelado.

En este tipo de campos se suele forzar una descompactación de la superficie mediante rastrillos lastrados o fresadoras especiales de rodillos motorizados con puntas cónicas. Después de las operaciones de descompactación se pasan esterillas o cepillos que nivelan la superficie. Posteriormente se pasa un rulo ligero para aplanar y compactar un poco el exceso de esponjamiento. La profundidad de la zona descomprimida debe ser la adecuada para no arañar la subbase granular que se decida echar o mezclar con el material elegido en la superficie.

Para compensar las deformaciones superficiales se vuelve al aporte de tierra, ya que será necesario que se aporte cierta cantidad de tierra batida, además del nivelado e igualado de la superficie. Después de esta operación se realizará, al igual que en el descompactado, las operaciones de nivelación y compactación.

Un ejemplo lo tuvimos en las Instalaciones Deportivas del Club Atlético Osasuna en Tajonar durante los años 80 y 90 del siglo XX, una “*ciudad deportiva*” específica para la práctica del fútbol que inicialmente contaba con dos campos de hierba natural de 105 x 67,5 y otros 2 de tierra batida de 102 x 62 metros. Había una pequeña balsa que recogía las aguas sobrantes en las instalaciones y servía como reservorio para el sistema de riego.

La siguiente figura 8 es parte del manual de “*Buenas Prácticas en Instalaciones Deportivas*”, elaborado por el Consejo Superior de Deportes (CSD) y la Federación Española de Municipios y Provincias (FEMP), en colaboración con el Instituto de Biomecánica de Valencia (IBV). Es orientativo de las labores típicas de mantenimiento de este tipo de instalaciones, todas ellas labores económicas y con un resultado de eficiencia que viene avalado desde el pasado (figura 8).

En contraste con la hierba natural, por ejemplo, los campos de fútbol de tierra tienen comportamientos muy diferentes, pero también son mucho más económicos de mantener. Años de experiencia indican que los campos de tierra que mejor funcionan son los que tienen una subbase que drena moderadamente, sin demasiada intensidad de drenaje.

También el hecho de tener unas pendientes adecuadas a las bandas laterales (aconsejando entre el 0,5% y el 0,8%) donde sí que debe ejecutarse un buen drenaje. Se debe rematar con una última capa de unos 6 a 10 cm de espesor de una mezcla de arena sílicea y tierra, controlando el exceso de árido fino (2 a 3 mm).

A partir de la década de los 90 la tierra batida se fue abandonando en favor de la hierba natural y comenzó la irrupción comercial de las primeras generaciones de hierba sintética. En esa época se multiplicaron las reformas de muchos campos por toda la geografía navarra. En la mayoría de los casos fueron regados con generosas subvenciones institucionales.

Entonces se produce un hecho muy significativo que es el que finalmente ha desembocado en el actual problema de diseminación de sustancias tóxicas y microplásticos, no solo de manera habitual, sino medible en toneladas en los campos de tercera generación ubicados en llanuras de inundación: la inauguración del primer terreno de juego de césped artificial.

Aunque las primeras referencias en Navarra sobre césped artificial se remontan a 1986 cuando se instaló una pequeña pista dentro de un colegio de Pamplona, no fue hasta 1993, en el Estadio Larrabide, cuando se pudo ver el primer campo de fútbol navarro sintético.

OPERACIONES	FRECUENCIA
TIERRA BATIDA	
Pasar esterilla o cepillo	Diaría
Riego	De 1 a 3 veces diarias dependiendo de la temperatura, humedad ambiental y soleamiento
Descompactación de la superficie	Anual
Aporte de tierra batida	Bienal
Comprobación de líneas	Semestral
FOSOS DE SALTO DE LONGITUD	
Riego	Previo a cada tanda de saltos
Descompactación	Trimestralmente y en función del uso
PETANCAS	
Rastrillado y Compactación	Semestralmente
CIRCUITOS DE GIMNASIA DE MANTENIMIENTO (FOOTING)	
Rastrillado y Compactación	Semestralmente
CAMPOS DE FÚTBOL 11 Y 7	
Rastrillado	Semanalmente
Riego	Diario y dependiendo de las condiciones de humedad
Descompactado y Nivelación. Aporte de arena a la capa superficial	Anual o dependiendo del espesor de la capa superficial

Figura 8. Extracto del manual de “Buenas Prácticas en Instalaciones Deportivas”. Consejo Superior de Deportes (CSD), Federación Española de Municipios y Provincias (FEMP) y colaboración del Instituto de Biomecánica de Valencia (IBV).

El pavimento de tierra en un campo de fútbol necesita mantener un grado de humedad para contribuir a la plasticidad de su superficie y sobre todo para retener los áridos finos con el fin de que no sean arrastrados por el viento. El exceso de drenaje en la subbase o en la última capa facilita la pérdida rápida de esa valiosa humedad superficial, por lo que se aconseja que la subbase sea de zahorra natural o artificial, pero con un abanico granulométrico amplio.

Hoy, la tecnología y la investigación no sólo nos sirven para optimizar comportamientos mecánicos, sino también de uso y la interacción entre el deportista y el campo de tierra batida. Para conseguir los mejores resultados de comodidad y eficiencia las características principales de un campo de fútbol de tierra son las de tener una nivelación a dos aguas que evite la formación de charcos y conduzca las aguas de lluvia o las excedentes de riego fuera del campo, en las bandas existirá un buen drenaje mediante colectores drenantes enterrados en zanjas con árido grueso a ser posible monogranulométrico.

Es recomendable una combinación de subbase que drene moderadamente con una última capa de mezcla de árido silíceo y tierra que retenga la humedad, pero que no tenga una excesiva cantidad de finos para que no la retenga en exceso y ocasione la permanencia de barro durante los períodos de lluvia prolongados. Tampoco deberá disponer de árido grueso dado que podría producir lesiones a los deportistas. Esta última parte suele suplirse con una propuesta fácil de cumplir en cualquier llanura de inundación dada la existencia de abundantes terrenos cuaternarios ligados a la actividad del río Arga, y es que conviene que el árido de la capa que está en contacto con el deportista sea árido de superficie redondeada de esta manera se evitan las erosiones y heridas.

El tamaño se puede escoger por cribado y sopesar cuál sería el más efectivo y menos dañino con el deportista consultando las recomendaciones de los institutos de biomecánica como el de Valencia y otras entidades deportivas que investigan la materia. Geología y deporte se pueden dar la mano en los campos de fútbol en llanuras aluviales sin ningún inconveniente, utilizando las nuevas tecnologías biofísicas y geotécnicas, pues hay materia prima de sobra para esa integración. En caso de inundaciones frecuentes el campo devuelve al río el mismo material del que dispuso, pudiendo reponerse inmediatamente, especialmente si hay almacén con material de mantenimiento suficiente previamente almacenado

7.3. Campos de hierba natural

El uso de una cubierta vegetal viva como base para jugar al fútbol es la mayor aspiración de cualquier futbolista; el césped natural, se ha mantenido presente en mayor o menor medida desde los orígenes del fútbol hasta la actualidad, a pesar de la fuerte irrupción del césped sintético en los últimos años.

No hay intención, de momento, de sustituir el césped natural como superficie de juego en el fútbol profesional en detrimento de ningún otro tipo de césped sintético o de tierra batida en las categorías superiores. Sin embargo, el césped artificial se ha vuelto en muy poco tiempo dominante en el fútbol de base y aficionado, con los problemas para la salud y los ecosistemas, huertas y pequeñas explotaciones ganaderas que comenzamos a entrever por el abuso que se ha hecho de la tercera generación de campos de fútbol de hierba sintética.

Especialmente, si los campos se ubican en una llanura de inundación, no tendría sentido la construcción de drenajes perimetrales con filtro y recogida de material (figura 8). Es la mejor manera de garantizar la dispersión de los gránulos de caucho reciclado y microplásticos.

Es significativo en Navarra la cada vez más frecuente y completa anegación e inutilización de los terrenos de juego cuando se producen temporales con incremento de caudal de los ríos próximos a las instalaciones; este fenómeno se analiza en un trabajo realizado por López, J.J., González, M., Scaini, A., Goñi, M., Valdenebro, J.V. & Gimena, F.N. en 2012: *Caracterización del modelo HEC-HMS en la cuenca del río Arga en Pamplona y su aplicación a cinco avenidas significativa. Obras y proyectos, (Nº 12), pg 15-30.*

Además del de San Jorge, algunos de los campos de fútbol que sufren las crecidas son Igueldea en Arre, junto al río Ulzama, La Galera en Miranda de Arga, El Soto en Burlada o el El Sotico en Berbinzana. Existen muchos más y la mayoría, desafortunadamente ya son de tercera generación.

Para más información sobre la evolución histórica de los campos de fútbol, con una mirada centrada en Navarra, recomendamos la publicación de Miguel Ángel González Moreno, “*Fútbol e ingeniería: Evolución histórica de los terrenos de juego de campos y estadios del fútbol español a través del fútbol navarro*”. Cuadernos de Fútbol, nº 95, febrero de 2018, ISSN: 1989-6379. Se trata de un recorrido histórico para comprender hasta dónde hemos llegado dando por hecho que existe un actor principal dentro del mundo del fútbol: *el campo o la superficie de juego en donde se desarrolla*, que ha estado casi siempre en un discreto segundo plano y por una causa u otra, como hoy, salta al primer plano.



Figura 9. Se puede observar en el margen de la esquina noreste cómo en 2013 la rejilla de drenaje y recogida de material aún era visible. En la fotografía de enero de 2022 ya no lo es.

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- En el presente informe presenta una vulnerabilidad detectada en San Jorge, Pamplona, ligada a las nuevas tecnologías de pavimentos para campos de fútbol de hierba sintética de tercera generación.
- Se ha detectado una pérdida masiva de partículas de caucho reciclado debida a que el diseño de las instalaciones favorece la diseminación en el medio en condiciones normales.
- Los trabajos que analizan el riesgo y la vulnerabilidad dependen de muchos factores: densidad de población, distribución de la población en el territorio, planificación urbanística, presencia de infraestructuras y lo que hemos llamado y explicamos en el presente informe como *ecologías en red*, una forma de interacción entre la dinámica natural y la modificación antrópica.
- La Unión Europea (UE) ha previsto, usando todas las herramientas posibles, acabar con la invasión de microplásticos en el medio humano y en el medio natural, lo que probablemente implicará a partir de este año 2022, el veto a los granulados actualmente usados para el césped artificial. La nueva normativa comunitaria, que entraría en vigor previsiblemente este 2022 y cuyo objetivo es combatir la contaminación por microplásticos, aboga por no dar continuidad a algunas de estas canchas.
- En 2019, el Comité de Evaluación del Riesgo (CER) de la Agencia Europea de Sustancias y Mezclas Químicas (ECHA) adoptó un dictamen en el que llegaba a la conclusión de que un contenido de hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) en los gránulos de caucho correspondiente al límite de concentración calculado para las mezclas de conformidad con el Reglamento (CE) N° 1907/2006 es inaceptable y de que tales contenidos de sustancias para las que no existe umbral de seguridad no ofrecen un nivel adecuado de protección a los trabajadores y al público general y no deben permitirse.
- En 2020 la CE publicó el informe técnico CEN/TR17519:2020 del comité PRI/57 que describe maneras de contener los materiales de relleno utilizados en muchos tipos de campos deportivos de césped sintético dentro de los límites del campo de deportes, para que no se dispersen en los alrededores.
- El objetivo es que el relleno granular de microplásticos que se haya abierto camino hacia los lados del campo, deba volver al área de juego antes de que salga de las instalaciones. El Campo de San Jorge no cumple prácticamente ninguna de las normas y procedimientos revisados en las guías.

- Varias riadas que han superado el período de retorno de 50 e incluso de 500 años, en especial las de junio de 2013, las de febrero de 2015 y las de diciembre de 2021, además de las de enero de 2022 que recogieron lo que había dejado la anterior, han llevado toneladas de microplásticos, posiblemente con hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP), a través del río Arga hacia la Ribera de Navarra.
- El campo de fútbol de San Jorge es solo un ejemplo, se construyó en 2007 en un área cartografiada, estudiada y bien definida para los diversos proyectos urbanísticos que lo circundan como una unidad geológica con dinámica de llanura de inundación.
- Las llanuras de inundación no son lugares idóneos para acoger este tipo de instalaciones y si se opta por que sean estas unidades geológicas las elegidas para ubicar ciertas actividades deportivas como el fútbol, entonces la tercera generación de campos de césped sintético con gránulos de caucho reciclado de neumáticos no es la fórmula adecuada.
- En España también existe la investigación que propicia alternativas viables en llanuras de inundación, sostenibles y mucho más económicas que involucran las nuevas tecnologías de tierra batida o los campos de caucho de fibras naturales. También los de hierba natural. Se proponen, por tanto, una serie de medidas y alternativas que eviten el grave problema para la salud, el sector agroalimentario y los ecosistemas que se ha generado.
- Creemos que es necesario un estudio ambicioso de cuál ha sido el alcance del vertido y si es posible hacer un seguimiento de a dónde han ido a parar las toneladas de caucho reciclado granulado y microplásticos que se llevó el río Arga a su paso por San Jorge, si hay más campos en la misma o similar situación y si ahora, como es probable, al entrar en la cadena trófica a través de los alimentos, cuáles van a ser las consecuencias para nuestra salud.

Este informe consta de 54 páginas numeradas correlativamente.

En San Jorge, Pamplona, a 30 de enero de 2022

A handwritten signature in blue ink, consisting of a vertical line on the right, a horizontal line extending to the left, and a diagonal line connecting the bottom of the vertical line to the end of the horizontal line.

Fdo: Antonio Aretxabala Díez

Geólogo colegiado N°4560

9. INFORME FOTOGRÁFICO

A continuación, se presentan una serie de 21 fotografías que ayudarán a las personas que tienen que tomar las decisiones finales sobre cómo abarcar el problema y qué hacer para minimizar el nivel de exposición a que se ha sometido a la población aguas abajo. La primera (figura 10) es una fotografía aérea de 2017 que sirve de base para colocar un número desde 1 hasta 20 donde se pueden ver las sucesivas tomas realizadas en la semana del 17 al 23 de enero de 2022.

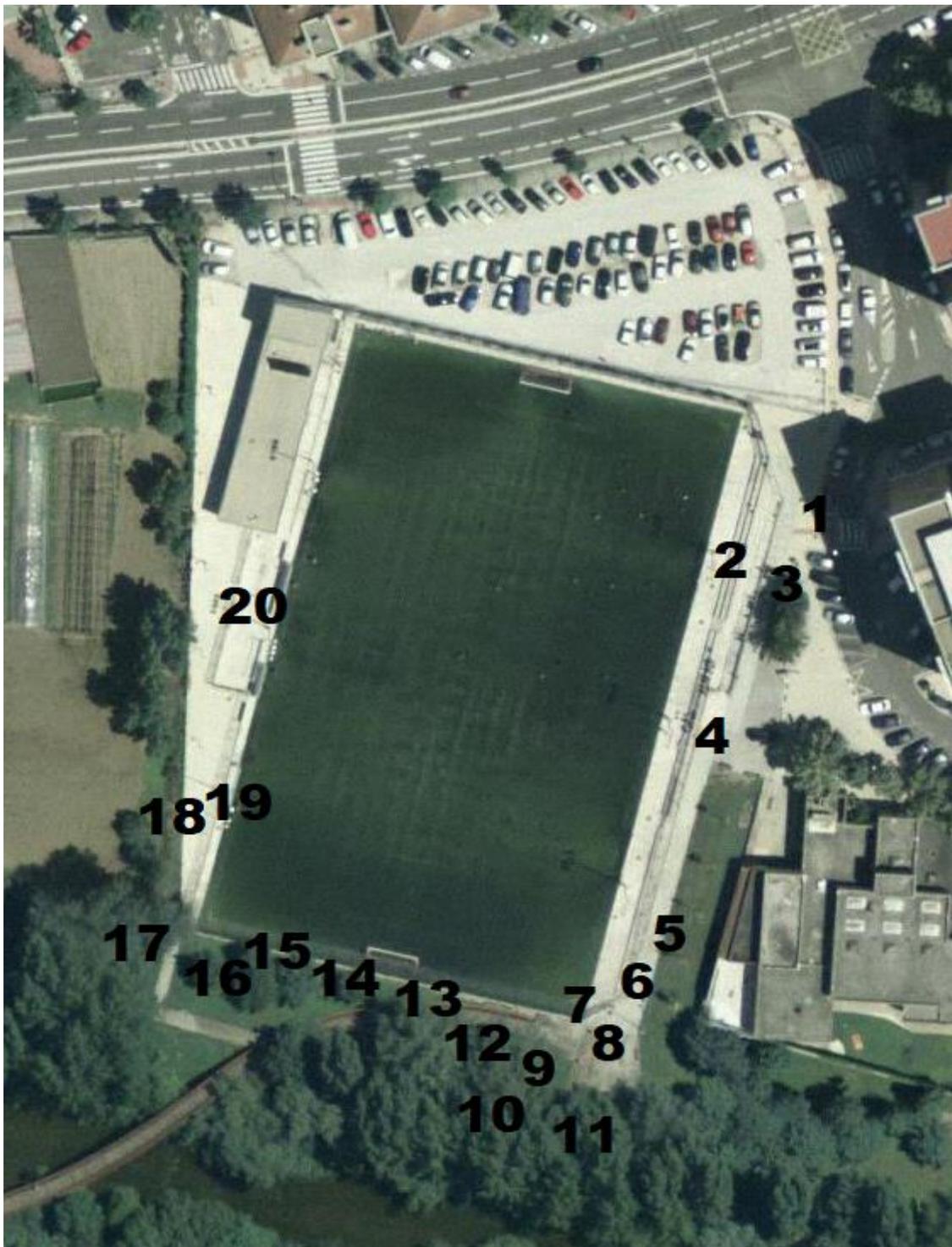


Figura 10. Fotografía aérea de 2017 indicando los lugares donde se tomaron las siguientes fotografías 1 a 20.



Fotografía 1. Gránulos de caucho en los alrededores del campo (zona noreste).



Fotografía 2. Gránulos de caucho en la zona donde se encontraban los sacos de repuesto.



Fotografía 3: Gránulos de caucho en los alrededores del campo (zona noreste).



Fotografía 4: Gránulos de caucho en a ambos lados del camino hacia el río (zona este).



Fotografía 5. Gránulos de caucho en la margen izquierda del camino hacia el río (zona este).



Fotografía 6. Acumulación de gránulos de caucho en un charco (zona este).



Fotografía 7. Acumulación de gránulos de caucho a la salida de las instalaciones.



Fotografía 8. Gránulos de caucho saliendo de las instalaciones con ayuda del aire.



Fotografía 9. Acumulación de gránulos en pequeñas depresiones de los jardines del paseo fluvial.



Fotografía 10. Acumulación de gránulos de caucho en áreas desnudas de los jardines del paseo.



Fotografía 11. Acumulación de gránulos de caucho en el acceso a la pasarela sobre el río Arga.



Fotografía 12. Acumulación de gránulos de caucho entre la pasarela sobre el río Arga y el río.



Fotografía 13. Gránulos de caucho en el murete perimetral a ras de campo (a la misma altura).



Fotografía 14. Zona sur. Los gránulos de caucho salen directamente sin necesidad de inundaciones.



Fotografía 15. Zona sur. El murete y el campo tras la portería. Éste está a mayor altura.



Fotografía 16. Zona sur. Los gránulos de caucho salen por aquí por gravedad, viento, lluvia, etc.



Fotografía 17. Los gránulos se acumulan en los jardines y en el camino de acceso al río, (zona oeste).



Fotografía 18. Los gránulos de caucho salen directamente. No hay contención, (zona oeste)



Fotografía 19. Zona oeste. Los gránulos se acumulan a la entrada de las fincas-huertas colindantes.



Fotografía 20. Vestuarios. Los gránulos de caucho se acumulan en los exteriores.

10. FUENTES CONSULTADAS

- Hasta aquí llegó la penúltima riada: las enseñanzas del Zidacos AA. VV. Auzalan. Ed. Altaffaylla. ISBN: 849463654, 2019.
- Orden TED/1522/2021, de 29 de diciembre, por la que se establecen los criterios para determinar cuándo el caucho granulado y el polvo de caucho, obtenidos del tratamiento de neumáticos fuera de uso y destinados a ciertas aplicaciones, dejan de ser residuos con arreglo a la Ley 22/2011, de 28 de julio, de residuos y suelos contaminados.
- Estudio sobre identificación de fuentes y estimación de aportes de microplásticos al medio marino. Programa de seguimiento de micropartículas en playas (bm-6). Ministerio de Fomento. Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente. Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX), 2016.
- UNE-EN 14836:2021. Surfaces for sports areas - Synthetic turf sports facilities - Guidance on how to minimize infill dispersion into the environment, 2021.
- Policies to Reduce Microplastics Pollution in Water Focus on Textiles and Tyres. OCDE, 2021.
- “Microplásticos: un riesgo evitable para la Economía Circular del neumático” A. Navazas. Revista de la Federación Española de Recuperación y Reciclaje (FER) N°181 pg.43, julio de 2021.
- Seguridad y mantenimiento de los campos de fútbol de césped artificial. Consejo Superior de Deportes ISBN: 978-84-7949-217-5, 2012.
- Green Point Natura S.L. web: <https://www.greenpointnatura.es>
- ECSA's Characteristics of Citizen Science. Haklay, Muki et al., 2020.
- Acuerdo Horizonte 2020 N° 824850 la iniciativa “Ciencia Ciudadana en Europa” (EU-Citizen Science), 2022.
- An evaluation of the possible health risks of Recycled Rubber Granules used as infill in synthetic turf sports fields. ECHA, febrero de 2017.
- Achieving a circular bioeconomy for plastics. Kakadellis, S. Rosetto, G., 2020.
- Anexo XVII del Reglamento (CE) N° 1907/2006 (UE) 2021/1199, 2006.
- Guía para minimizar la dispersión de relleno en el medio ambiente. CEN/TR17519:2020.
- Norma europea UNE-EN 15330-1, 2014.
- Wikipedia: Campo de fútbol de San Jorge, Pamplona.
- Contaminación por microplásticos del césped artificial: una guía de campo. Kommunernes International Miljøorganisation (KIMO), 2017.
- The Infrastructural City: Networked Ecologies in Los Angeles. Varnelis, Kazys (ed.), 2009.
- Informe. Resiliencia y gestión del riesgo del espacio fluvial de Pamplona. Ayuntamiento de Pamplona. Eva Cabrejas, 2018.
- Mapas de inundabilidad SNCZI. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2022.
- Mapas de inundabilidad IDENA (Gobierno de Navarra), 2022.
- Pamplona encargará un análisis sobre áreas de mejora a acometer contra las inundaciones. Ayuntamiento de Pamplona, N. P. Pamplona Actual, Diario de Noticias. Diciembre de 2021.

- CE. Directiva Marco del Agua (DMA, 2007).
- Dispersal of microplastic from a modern artificial turf pitch with preventive measures - Case study Bergaviks IP, Kalmar. Regnell, F., 2019.
- Buenas Prácticas en Instalaciones Deportivas. Consejo Superior de Deportes (CSD), Federación Española de Municipios y Provincias (FEMP), Instituto de Biomecánica de Valencia (IBV). ISBN: 978-84-92494-12-5, 2009.
- Caracterización del modelo HEC-HMS en la cuenca del río Arga en Pamplona y su aplicación a cinco avenidas significativa. Obras y proyectos, (Nº 12), pg. 15-30. López, J.J., González, M., Scaini, A., Goñi, M., Valdenebro, J.V. & Gimena, F.N., 2012.
- Fútbol e ingeniería: Evolución histórica de los terrenos de juego de campos y estadios del fútbol español a través del fútbol navarro. Cuadernos de Fútbol, nº 95, ISSN: 1989-6379. Febrero de 2018.
- Estudio geológico-geotécnico para el diseño de una pasarela sobre el río Arga en las inmediaciones del campo de fútbol de San Jorge (Pamplona). Opera Ingeniería. Aretxabala A., 2007.
- Inundaciones. Tres dinámicas que se volvieron invisibles de la mano de los combustibles fósiles. Aretxabala A., 2022.
- Agua y ciudad. Aprovechamientos hidráulicos urbanos en Navarra (siglos XII-XIV). David Alegría Suescun, 2005.
- El Ilustre Colegio Oficial de Geólogos (ICOG) ha advertido a los responsables de las administraciones públicas de que permitir actuaciones urbanísticas sin mapa de riesgos puede tener consecuencias jurídicas de carácter civil y penal. N.P. ICOG, 2013.
- Retirada estratégica: la solución que apuntan los geólogos para evitar los daños de las riadas Rodrigo Saiz elDiario.es 18 de diciembre de 2021.
- Estudio geohistórico para comprobar la implicación del terreno y la actividad humana en la generación de patologías y deformaciones en dos campos de fútbol de Tudela (Navarra). Ayuntamiento de Tudela. Aretxabala, A., 2016.
- Navarra: nuevos modelos económicos sostenibles y transición global hacia un nuevo modelo energético. Pamplona Fórum 19. Aretxabala, A., 2019.