

Institute for Field Education

Greta Ivesdal

## Los Bosques Mixtos Cantábricos y Sus Hábitats Antrópicos

Una clasificación de los hábitats antrópicos en la ecorregión de los bosques mixtos cantábricos

Tutor: Eduardo Fernández Pascual

Otoño 2022

Jardín Botánico Atlántico de Gijón

## **Agradecimientos**

Quiero agradecer a IFE por encontrar mi pasantía, prepararme para mi tiempo en el lugar de trabajo profesional español y equiparme con los muchos recursos y experiencia con la cultura española. También quiero agradecer al Jardín Botánico Atlántico de Gijón por aceptarme de prácticas con su equipo científico, darme la bienvenida a su comunidad y proporcionarme los recursos para completar mi investigación. Finalmente, este proyecto no hubiera posible sin el ayuda de Dr. Eduardo Fernández Pascual. Gracias por trabajar como mi tutor, guiarme durante la clasificación, ayudarme en el proceso de análisis, y asistirme con los pasos necesarios para este proyecto, como la informática y las calculaciones complejas.

## Índice

Abstract.....	4
1 Introducción.....	5
2 Métodos.....	6
2.1 Colección de datos.....	6
2.2 Primer análisis.....	7
2.2.1 Limpieza de datos.....	8
2.3 Segundo análisis.....	10
2.3.1 Limpieza de datos.....	10
2.3.2 Análisis de especies diagnosticas, constantes y dominantes .....	11
2.3.3 Análisis de los rasgos ecológicos de las especies .....	13
3 Resultados.....	13
3.1 Colección de datos.....	13
3.2 Primer análisis y limpieza de datos.....	13
3.3 Segundo análisis y limpieza de datos.....	14
3.3.1 Análisis de especies diagnosticas, constantes y dominantes.....	17
3.3.2 Análisis de los rasgos ecológicos de las especies.....	19
4 Discusión.....	20
4.1 Análisis de especies diagnosticas, constantes y dominantes.....	20
4.2 Análisis de los rasgos ecológicos de las especies.....	20
4.3 Observaciones sobre el uso de sistemas expertos para la clasificación de hábitats antrópicos.....	22
5 Conclusión.....	22
Bibliografía.....	24

## **Abstract**

### **Aim**

The objectives of this work are to classify the anthropic habitats of the Cantabrian mountains using semi-supervised and supervised classification methods; to define the characteristic species of the final classification habitats; to analyze the ecological traits of the species of the final classification; and to evaluate the current process of classifying anthropic habitats using expert systems such as EUNIS-ESy.

### **Location**

The Cantabrian mixed forests of the Iberian Peninsula.

### **Methods**

13,552 relevés located in the Cantabrian mixed forests were collected from a SIVIM database to identify the man-made inventories and classify them into anthropogenic habitat types. Formal definitions based on the EUNIS Habitat Classification were used to define each relevé to a habitat while others were removed entirely from the classification. The program JUICE was used to organize the relevés and to run Semi-Supervised K-means Clustering and Modified TWINSpan analysis. Once the classification was complete, JUICE was used to determine diagnostic, constant, and dominant species for each habitat. Species traits such as height, flowering period, life cycle, and status as an invasive species were obtained and weighted means were calculated for each habitat. Finally, five data points of the Ecological Indicator Values of Europe and soil disturbance data were taken from the SIVIM database; their weighted means were again calculated for each habitat.

### **Results**

11 habitat types at Level 3 of the EUNIS hierarchy were developed and given Spanish descriptions. 2,332 relevés containing 1,107 species were organized into the final habitat classifications. The characteristic species combinations and trait data for each habitat were organized into tables.

### **Conclusions**

The results of this classification suggest the need for new classification methods for anthropogenic habitats. While using semi-supervised and supervised classification methods can be effective for natural habitats, anthropogenic habitats require more in-depth classifications due to different characteristic species combinations and overall species makeup. Current classification methods such as the EUNIS-ESy expert system are also completely unable to classify certain anthropogenic habitats, again suggesting the need for new classification methods.

## 1 Introducción

Los bosques mixtos cantábricos se localizan en la costa norte de la península Ibérica desde el noroeste de Portugal hasta el extremo suroeste de Francia. Esta zona ocupa 79.700 km<sup>2</sup> de la ecozona paleártica y está definido como ecorregión terrestre por el World Wildlife Foundation (Olson 2004). Un mapa de esta ecorregión aparece en *Figura 1*. Al igual que en muchas ecorregiones, ha habido una falta de estudio sobre los hábitats artificiales con vegetación o en lo sucesivo, hábitats antrópicos en la ecorregión de los bosques mixtos cantábricos. Hábitats antrópicos, aunque artificiales, son importantes para la biodiversidad, conservación y estudio de flora en una ecorregión. Estos tipos de hábitats también se faltan métodos eficientes para su clasificación. Es difícil clasificar muchos hábitats antrópicos utilizando los métodos de clasificación para hábitats no antrópicos por no ser capaz de diferenciar hábitats antrópicos a los hábitats naturales que tienen los mismos tipos de vegetación.

En los últimos años, investigadores de la Península ibérica han comenzado a clasificar ecorregiones específicas como la de los bosques mixtos cantábricos, muchos de ellos utilizando clasificaciones de sistemas expertos como lo de EUNIS (Mucina et al. 2016). Estas clasificaciones tienen como objetivo lograr una mejor comprensión de la flora localizada en la península para ayudar en la planificación de la conservación, la gestión de la tierra y el mantenimiento de la biodiversidad. En 2020, el European Nature Information System o EUNIS, designó un sistema experto para clasificar los hábitats de europea (Chytrý 2020). Este programa se llama EUNIS-ESy o simplemente el sistema experto. El sistema experto funciona en conjunto con las clasificaciones formales de hábitats definidas por EUNIS que identifican vegetación de costa, de humedal, de pradera, de matorral, de bosque y de hábitats antrópicos. Estos seis grupos de hábitats se basan en una jerarquía de clasificación que incluyen niveles de clasificación donde cada nivel tiene su propio código.



**Figura 1.** Mapa de Europa con la ecorregión de los bosques mixtos cantábricos resaltada en rojo (WWF).

Dentro del grupo de los hábitats antrópicos, cada tipo de hábitat tiene un código que empieza con V para “Vegetated man-made hábitats”. Los tipos de hábitats se pueden encontrar en el Anexo 1 con su código, título y descripción. Hay 31 hábitats distintos en el grupo V, pero como se ven en el Anexo 1, solo 13 de

los hábitats pueden ser clasificados con el sistema experto. Por esta razón y las dificultades anteriormente mencionadas de clasificar hábitats antrópicos, esta clasificación trata el tema de métodos semisupervisados y supervisados para conseguir una clasificación más preciso para los hábitats antrópicos. Clasificaciones supervisadas son hechas utilizando definiciones formales como las de EUNIS. Las definiciones formales ayudan a elegir relevés o parcelas de vegetación de una base de datos fitosociológica para clasificarlos a un tipo de hábitat. A diferencia de la clasificación no supervisada, los métodos de clasificación supervisada utilizarán muestras de datos proporcionadas para definir los relevés, en este caso, las definiciones formales de EUNIS.

Las descripciones formales de EUNIS y las combinaciones de especies características se analizarán con respecto a los datos fitosociológicos de cada relevés. En las ciencias de vegetación, fitosociológico refiere al uso de las combinaciones de especies características para definir tipos de hábitats. Las especies características pueden ser diagnosticas, constantes o dominantes y sus combinaciones ayudan a clasificar relevés a un tipo específico de hábitat. Muchas veces durante clasificaciones, estos datos vienen de una gran base de datos, que en este caso es el Sistema de Información de la Vegetación Ibérica y Macaronésica o SIVIM, una base de datos de vegetación que usa relevés electrónicos para guardar información de parcelas de vegetación (SIVIM). Durante cada etapa del proceso de la clasificación, los relevés llevan todos sus datos de especies que sería útil para las etapas finales de esta clasificación. La información ecológica de cada relevé y sus especies se utilizará para un análisis final de cada tipo de hábitat para presentar los tipos de combinaciones de especies características.

Los objetivos de este trabajo son clasificar los hábitats antrópicos de los bosques mixtos cantábricos por clasificaciones semisupervisadas y supervisadas; definir especies las especies características para las clasificaciones finales; analizar los rasgos ecológicos de las especies de las clasificaciones finales; y evaluar el proceso actual de clasificar hábitats antrópicos con un sistema experto.

## **2 Métodos**

### *2.1 Colección de datos*

Esta clasificación enfoca en los hábitats antrópicos en la ecorregión de los bosques mixtos cantábricos. Para empezar la clasificación, se colectó un base de datos del Jardín Botánico Atlántico de Gijón que llevaba información de todas las parcelas de vegetación en la ecorregión. Miembros del equipo científico del jardín habían seleccionado los relevés para este base de datos del Sistema de Información de la Vegetación Ibérica y Macaronésica y en el año 2020, se lo aplicó el sistema experto EUNIS-ESy para

clasificar todas las parcelas de vegetación según a las definiciones de los hábitats individuales de EUNIS (SIVIM).

Después de esta clasificación, el archivo de relevés incluía 13.552 relevés con 3.118 especies distintas e inventarios que estaban clasificados a cada tipo de hábitat de EUNIS. Adicionalmente, otros relevés estaban clasificados debajo de “+” y “?” para “sin clasificación” o “V” para inventarios que pertenecen a hábitats antrópicos, pero no tienen una clasificación específica dentro del tercer nivel de hábitats. Se usó el programa R para quitar todos los inventarios de hábitats no antrópicos del archivo, los que correspondían con un código aparte de los de “V”, “?” o “+”, y después, se importó el archivo con los datos de los relevés fitosociológicos en el programa de JUICE. JUICE era el programa utilizado para el manejo, análisis y clasificación de datos ecológicos y fue creado por la Universidad de Masaryk en la República Checa (Tichý 2002). Aquí se quedaban 3.122 relevés con 1.991 especies distintas con clasificaciones de EUNIS de “?”, “+”, V, V11, V12, V13, V15, V32, V33, V34, V37, V38 y V39. Estos inventarios se les asignó un número de grupo del 0 al 11 para que se queden organizados con su clasificación de EUNIS-ESy. Grupo 0 para los códigos “?”, “+” y V y grupos 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 y 11 para V11, V12, V13, V15, V32, V33, V34, V37, V38, V39 respectivamente. Se continuó, en JUICE, con un análisis de Semi-supervised K-means Clustering para juntar los relevés similares en una clasificación semisupervisada (Ladislav et al. 2016).

## 2.2 Primer análisis

Los parámetros más importantes del análisis de Semi-supervised K-means Clustering incluían 20 clústers y tres niveles de corte de pseudoespecies. Los niveles de corte eran de 0%, 5% y 25% y representan el porcentaje de cobertura de las pseudoespecies. Por ejemplo, si hay 5 niveles de corte de 0%, 2%, 5%, 10% y 20%, una pseudoespecies con una cobertura de 15% superaría el cuarto nivel de corte, pero no el quinto. (Tichý 2006). Los parámetros restantes aparecen en *Figura 2*.

Cuando completado, el análisis dio 20 clústeres numerado como clases 1 a 20. Los relevés se organizaron entre las 20 clases según sus datos de especies usando el análisis semisupervisada y estaban listos para ser limpiados con JUICE.

### 2.2.1 Limpieza de datos.

Para empezar a limpiar los datos, las clases 12 a 20 fueron examinados primero. Se quitaron los relevés que no pertenecen a hábitats antrópicos usando los datos de fidelidad. JUICE creó una tabla sinóptica para cada clase de relevés como visto abajo en Tabla 1 que se usaron ver la fidelidad de cada especie con su propia clase. Esta tabla es un extracto de la tabla sinóptica entera y no fue necesario incluirla en la clasificación porque se usaron sus datos para la clasificación final. Usando el proyecto Flora Ibérica, se analizaron los hábitats naturales de las especies de alta fidelidad que aparecen en la tabla sinóptica. Se usaron estos datos para identificar si cada relevés pertenecía a uno de los hábitats antrópicos.

**Figura 2.** Ventana de JUICE con los parámetros del análisis de Semi-supervised K-means Clustering.



**Tabla 1.** Tabla sinóptica de la base de datos original de hábitats antrópicos en los bosques mixtos cantábricos. Se muestran los valores de frecuencia de las especies de las clases (columnas) 12 a 20 obtenidos en la clasificación semisupervisada. Los valores sombreados en verde indican especies diagnósticas con alta fidelidad ( $\Phi \geq 0,3$ ).

Percentage synoptic table with fidelity {Phi coeff. C } (20 columns)									
Number of relevés:	13	71	133	63	79	86	36	10	81
Relevés 3122									
Species 1991	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Juncus maritimus	0	83.6	---	---	---	---	21.2	---	---
Lythrum salicaria	0	52.8	---	---	19.1	---	---	---	---
Oenanthe lachenalii	0	45.1	---	---	---	---	---	---	---
Samolus valerandi	0	43.7	---	---	---	---	2.9	---	---
Paspalum vaginatum	0	41.6	---	---	---	---	8.6	---	---
Limonium narbonense	0	38.1	---	---	---	---	---	---	---
Triglochin maritima	0	34.5	---	---	---	---	---	---	---
Brachypodium rupestre	0	---	68.4	---	0.0	2.8	---	---	---
Erica vagans	0	---	66.2	---	---	10.2	---	---	---
Smilax aspera	0	---	65.8	---	1.3	---	---	---	---
Genista hispanica	0	---	58.2	---	---	---	---	---	---
Rubia peregrina	0	---	52.5	---	0.3	0.0	---	---	---
Glandora diffusa	0	---	50.9	---	---	16.3	---	---	---
Teucrium pyrenaicum	0	---	50.4	---	---	---	---	---	---
Potentilla montana	0	---	48.0	---	---	---	---	---	---
Carex flacca	0	---	42.2	---	2.4	---	---	---	---
Stachys officinalis	0	---	39.1	---	2.3	4.2	---	---	---
Helianthemum nummularium	0	---	38.8	---	---	0.6	---	---	---
Linum catharticum	0	---	38.2	---	---	0.6	---	---	---
Scabiosa columbaria	0	---	36.9	---	---	---	---	---	---
Seseli cantabricum	0	---	34.8	---	---	---	---	---	---
Rhamnus alaternus	0	---	32.3	---	1.5	---	---	---	---
Carex humilis	0	---	32.3	---	---	---	---	---	---
Pulmonaria longifolia	0	---	31.6	---	1.4	1.1	---	---	---
Rosa arvensis	0	---	30.1	---	19.4	---	---	---	---
Ammophila arenaria	0	0.9	---	7.7	85.8	---	---	---	---
Lagurus ovatus	0	---	---	1.3	44.4	---	---	---	---
Sonchus bulbosus	0	---	---	---	39.4	---	---	---	---
Achillea maritima	0	---	---	3.0	36.9	---	---	---	4.3
Oenothera biennis	0	---	---	4.3	36.3	---	---	---	---

Se analizaron las especies con alta fidelidad de cada clase para hacer una clasificación supervisada y quitar las clases que no corresponden con hábitats antrópicos. Después de esta limpieza, se quedaron solo las clases 1 a 11 cuales fueron separadas dentro de sus propios archivos de JUICE para aplicarles sus propios análisis con el programa de Modified TWINSpan Classification (Rolecek et al. 2009). El Modified TWINSpan se ejecuta con 3 niveles de corte de pseudoespecies, 10 clústeres y los otros parámetros que aparecen en *Figura 3*.

Se ejecutó un análisis de Modified TWINSpan Classification para cada clase siguiendo los pasos anteriores. Una vez que se formaron los clústeres con el programa en JUICE, los relevés no antrópicos se eliminaron usando otra vez los datos de fidelidad para continuar con la clasificación supervisada. Las especies de alta fidelidad se analizaron utilizando datos de hábitat del proyecto Flora Ibérica y la lista de especies diagnósticas de las descripciones de clasificación de hábitats de EUNIS (Castroviejo 1986-2012). Se quitaron los relevés de especies no antrópicos y si la clasificación correcta no se determinó después del dictamen de expertos, no se quitó el relevé para que pueda ser analizado otra vez.

**Figura 3.** Ventana de JUICE con los parámetros del análisis de Modified TWINSpan Classification.

### 2.3 Segundo análisis

Los 11 archivos con los relevés restantes se adjuntaron en un archivo de JUICE para hacer el segundo análisis de Semi-supervised K-means Clustering. Porque hubo problemas con los sistemas de almacenamiento informático, no se pudo usar JUICE para ejecutar el análisis de Semi-supervised K-means Clustering y el archivo tuvo que transferirse al programa R para ejecutar correctamente el segundo análisis. Aunque se actualizó el análisis con R, el proceso era igual al análisis anterior y dio 20 clústeres, nombrados clúster 1 a clúster 20. Una vez completado, se exportó el archivo a JUICE para continuar la clasificación supervisada y limpieza de inventarios.

#### 2.3.1 Limpieza de datos

Usando otra vez los datos de fidelidad de los nuevos 20 clústeres, se quitó algún inventario que estaba mal clasificado como un inventario de especies antrópicas. En este punto de la clasificación, los 20 clústeres debían condensarse en grupos de hábitats más grandes. La ejecución del análisis con 20 clústeres

provocó la separación de grupos de relevés similares. Para corregir esto, se identificaron 5 grupos más grandes de relevés dentro de los 20 clústeres que incluían comunidades de malas hierbas, especies de muros, comunidades pisoteadas, ruderales xéricos y ruderales méxicos. Para poner los relevés en estas 5 clasificaciones, se ejecutó otro análisis de Modified TWINSpan en JUICE igual que antes, pero con solo 5 clústeres. Una vez completado, los 5 clústeres se clasificaron con nombres de Walls, Weeds V15, Trampled V35, Xeric Ruderales V38 y Mesic Ruderales V39 y se separaron en sus propios archivos de JUICE para limpiar cada uno con un análisis de Modified TWINSpan.

Como antes, se ejecutó un análisis de Modified TWINSpan para cada archivo, pero solo con 5 clústeres para ver si era posible partir cada clasificación en clasificaciones más específicas. Para ver si era posible, se comparó la tabla de fidelidad para cada uno de los cinco clústeres y se analizaron los datos de tipo de hábitat para cada especie. Las clasificaciones de Walls, Weeds V15, Trampled V35 y Xeric Ruderales V38 no se pudieron separar en clasificaciones más específicas. Los relevés en Mesic Ruderales V39 se aparecieron tres grupos nuevos después de analizar las especies y estos relevés se organizaron en sus nuevas clasificaciones respectivas.

Aunque todos los relevés de la clasificación Weeds V15 se identificaron como vegetación arvense de malas hierbas, había 774 relevés, muchos con clasificaciones originales de V11, V12, V13 y V15. Por eso, se analizaron los datos de suelos, de tipo de hábitat y de ciclo de vida para separar los relevés en 3 grupos que se convertirán en sus propias clasificaciones.

Por último, las nueve clasificaciones finales recibieron nombres formales y descripciones basadas en los tipos de hábitats EUNIS.

### *2.3.2 Análisis de especies diagnosticas, constantes y dominantes*

Una vez que se clasificaron formalmente todos los relevés, se hizo un análisis de especies diagnosticas, constantes y dominantes en JUICE para cada clasificación. Estos 3 tipos de especies se introdujeron Chytrý y Tichý en 2003 para usar sus combinaciones como manera de caracterizar un hábitat. A menudo especies diagnosticas se encuentran en un hábitat específico y nunca o rara vez se ocurren en otros. Estas especies pueden ser utilizadas como un indicador positivo de su hábitat. Las especies constantes son aquellas que están presentes a menudo, pero no exclusivas de un hábitat. Estas especies pueden pertenecer a muchos hábitats a la vez. Finalmente, las especies dominantes son las que tienen la mayor cobertura en un hábitat y, como resultado, determinan la presencia del hábitat.

Los relevés de la clasificación entera se colocaron en el mismo archivo de JUICE y se agruparon dentro de su clasificación correcta, una de las 9 clasificaciones. Los relevés se separaron usando la función de “Separator Hierarchy” y se creó una tabla sinóptica con 9 columnas. Bajo de “Synoptic Table” y “Analysis of Columns of Synoptic Table” se ejecutó un análisis para cada columna usando los parámetros como se ven en *Figura 4*. Se utilizó un umbral de fidelidad más de 30% para identificar las especies diagnósticas, un umbral de frecuencia más de 30% para las constantes y un umbral de cobertura más de 30% para las dominantes.

**Analysis of Constancy Columns in Synoptic Table**

Fidelity threshold: 30      Frequency threshold (1–100 %): 30      Cover threshold (1–100 %): 30

Diagnostic species	Constant species	Dominant species
84.6 Cymbalaria muralis [0]	32 Sonchus oleraceus [0]	21 Cymbalaria muralis [0]
78.1 Asplenium trichomanes [0]		16 Parietaria judaica [0]
69.8 Polypodium cambricum [0]		12 Polypodium cambricum [0]
69.6 Parietaria judaica [0]		11 Hedera helix s.l. [0]
66.0 Asplenium ceterach [0]		5 Centranthus ruber [0]
54.7 Centranthus ruber [0]		4 Asplenium trichomanes [0]
54.3 Umbilicus rupestris [0]		3 Hypericum hircinum [0]
48.1 Hedera helix s.l. [0]		3 Erigeron karvinskianus [0]
30.4 Sedum dasyphyllum [0]		2 Homalothecium sericeum [0]
		2 Crithmum maritimum [0]
		1 Trachelium caeruleum [0]
		1 Rumex induratus [0]
		1 Brachypodium rupestre [0]
		1 Asplenium ceterach [0]
		1 Anomodon viticulosus [0]

☐ DgSps with Constancy ratio > 2     
 ☐ Include all dominances of species below the limit  
☐ DgSp to Clipboard using Refresh     
 ☐ Include diagnostic species     
 Minimum freq. (1–100 %): 0  
☐ All units     
☐ Show references

Mark in the table [black]     
 Mark in the table [black]     
 Mark in the table [black]

Select a list of species to be marked in an appropriate list window first...

No. of relevés: 185      Export      Cancel      Refresh  
 Aver. species No.: 8.36  
 Aver. positive fidelity: 15.51  
 Sharpness: 66.55      Column: 1

**Figura 4.** Ventana de JUICE del análisis de columnas de constancia en tabla sinóptica con los parámetros utilizados para las nueve columnas. Esta ventana muestra las especies con sus valores de fidelidad, el número de especies y el número de relevés en cada columna.

Luego, se compararon los resultados de este análisis con las combinaciones características de especies que creó EUNIS para cada uno de sus hábitats.

### *2.3.3 Análisis de los rasgos ecológicos de las especies*

Para completar un análisis de especies para las clasificaciones finales, se coleccionaron en una tabla las 1107 especies que aparecían en la clasificación entera. Para cada especie, se buscaron datos de altura, altura máxima, época de floración, ciclo de vida y forma de vida. Estos datos se encontraron en el proyecto de Flora Ibérica (Castroviejo 1986-2012). Del “Catálogo de las plantas vasculares del Principado de Asturias” se identificaron las especies nativas e invasoras para hacer un análisis de la distribución de especies autóctonas y alóctonas (Prieto et al. 2014). Datos ya incluidos en el base de datos de SIVIM como los valores de indicadores ecológicos de Europa o EIVE, la frecuencia y severidad de perturbación, perturbación de suelo, presión de pastoreo y frecuencia de siega también se añadieron a la tabla para completar las próximas calculaciones.

Para cada inventario, se calculó la media ponderada de cada rasgo. El cálculo consistió en hacer la media de los valores de los rasgos de todas las especies presentes en el inventario, ponderando cada valor por la cobertura de la especie en el inventario. Este cálculo permite determinar cuál es el rasgo dominante a nivel de inventario. A continuación, se obtuvieron los rasgos medios para cada hábitat, calculando la media de los inventarios asignados a cada hábitat.

## **3 Resultados**

### *3.1 Colección de datos*

Después de coleccionar los datos de SIVIM, ejecutar el sistema experto de EUNIS-ESy y quitar los relevés de parcelas de vegetación no antrópica, se quedaron 3.122 relevés con 1.991 especies distintas para empezar la clasificación. EUNIS-ESy les dio una clasificación de “?”, “+”, V, V11, V12, V13, V15, V32, V33, V34, V37, V38 o V39 a cada relevé según a sus datos de especies. Cada relevé tenía su número de grupo de 0 hasta 11 para quedarse organizado con su clasificación de EUNIS-ESy. Después de una rápida comprobación de los datos, aún quedaban relevés con especies no antrópicos. Estos relevés incluían especies de costa, de bosque, de montaña y de acantilados.

### *3.2 Primer análisis y limpieza de datos*

Después del primer análisis con “Semi-supervised K-means Clustering” los relevés estaban organizado en 20 clústeres o nuevas clases numeradas 1 a 20. La clase 1 correspondía con el grupo 1 del último paso, la

clase 2 con el grupo 2 y así hasta la clase 11 y el grupo 11. Las nuevas clases 12 a 20 correspondían con relevés del grupo 0. Los inventarios del grupo 0 se distribuyeron entre las 20 nuevas clases basándose en la similitud de los datos de sus especies. Mientras que la mayoría de los relevés de este grupo se encontraron dentro de las clases 12 a 20, todavía había una cantidad significativa en las primeras 11 clases. Cada relevé sigue la misma orden de clasificación:

EUNIS-ESy → Grupo # → Clase #

V15 → Grupo 4 → Clase 4

V → Grupo 0 → Clases 12-20

La primera limpieza que se hizo con las clases 1 a 20 quitó de todos los relevés de clases 12 a 20. Estos inventarios todavía incluían especies de costa, de dunas, de acantilados, y de bosques y porque estas especies no eran de hábitats antrópicos, se quitaron los relevés. En los relevés restantes había 2.550 relevés y 1.734 especies distintas.

La segunda limpieza que se hizo con las clases restantes era más específica. Dentro de cada clase, se analizó la fidelidad y se quitaron relevés que no pertenecían a la clase. Después de este análisis supervisado se quedaban 2.332 relevés y 1.320 especies distintas.

### *3.3 Segundo análisis y limpieza de datos*

El segundo análisis de Semi-Supervised K-Means Clustering separó los relevés en otros 20 clústeres y como dicho antes, los 20 nuevos clústeres se organizaron en 5 grupos grandes de relevés. Los nuevos grupos se decidieron después de observar 5 tipos de hábitat dominantes en los 20 clústeres. Estos hábitats incluyen comunidades de malas hierbas, especies de muros, comunidades pisoteadas, ruderales xéricos y ruderales mésicos y luego se clasificaron formalmente como Weeds V15, Walls, Trampled V35, Xeric Ruderales V38 y Mesic Ruderales V39 respectivamente.

Dentro del grupo Mesic Ruderales V39, se encontraron tres divisiones de hábitats. Había vegetación ruderal nitrófila, dominada por plantas anuales, vegetación ruderal nitrófila de sitios xéricos, dominada por plantas bienales y vegetación ruderal nitrófila de sitios mésicos, dominada por plantas perennes. Los inventarios de este grupo se separaron en estos tres tipos de hábitat y se les dio clasificaciones formales de V37, V38Y y V39. También se aplicaron una clasificación formal a los otros grupos nombrados Weeds V15, Walls, Trampled V35, Xeric Ruderales V38. V15 para Weeds V15, U37 para Walls, V35 para

Trampled V35 y V38Z para Xeric Ruderales V38. La siguiente lista provee descripciones pequeñas sobre la clasificación actual de hábitats basada en datos de EUNIS: (Chytrý et al. 2020)

EUNIS U37 (Twinspan2 = Walls). **Vegetación de muros**. Engloba a las alianzas *Parietario judaicae-Centranthion rubri* (= *Galio valantiae-Parietaron judaicae*) y *Cymbalarion muralis-Asplenion quadrivalentis* (= *Cymbalarion-Asplenion*), la primera más xerófila que la segunda.

EUNIS V15 (Twinspan2 = Weeds V15). **Vegetación arvense de malas hierbas**. Incluye las alianzas *Polygono-Chenopodion polyspermi* (= *Spergulo arvensis-Erodion cicutariae*) y *Scleranthion annui*, la primera de suelos ricos y la segunda de suelos pobres. *NOTA = el hábitat EUNIS V15 tiene el mismo cortejo de flora espontánea que los hábitats de cultivos V11-V13, diferenciándose únicamente por el uso presente y el tipo de cultivo. De cara a la base de datos de inventarios, consideramos a todo V15.*

EUNIS V35 (Twinspan2 = Trampled V35). **Vegetación de suelos pisoteados**. Incluye las alianzas *Matricario-Polygonion arenastri* (= *Polygono-Coronopodion*) y *Potentillion anserinae* (= *Agrostion stoloniferae*). La primera es de suelos no encharcados, y la segunda de suelos temporalmente encharcados y/o subsalinos, en ambientes costeros.

EUNIS V37 (Twinspan2 = Subgrupo 1 del grupo Mesic ruderals V39). **Vegetación ruderal nitrófila, dominada por plantas anuales**. Incluye a la alianza *Sisymbrium officinalis*.

EUNIS V38Z (Twinspan2 = Xeric ruderals V38). **Vegetación ruderal nitrófila de sitios xéricos, dominada por cardos**. Incluye a las alianzas *Cirsion richteriano-chodati* y *Carduo carpetani-Cirsion odontolepidis*, la primera de alta montaña cantábrica y la segunda mediterránea ibérica.

EUNIS V38Y (Twinspan2 = Subgrupo 2 del grupo Mesic ruderals V39). **Vegetación ruderal nitrófila de sitios xéricos, dominada por plantas bienales**. Incluye a la alianza *Dauco carotae-Melilotion albi* (= *Dauco-Melilotion*).

EUNIS V39 (Twinspan2 = Subgrupo 3 del grupo Mesic ruderals V39). **Vegetación ruderal nitrófila de sitios mésicos, dominada por plantas perennes**. Incluye a la alianza *Arction lappae*.

Una vez más, se analizaron los relevés dentro de V15 porque había 774 relevés distintos. Dentro de estos se encontraron 3 grupos distintos, uno de comunidades arvenses invierno-primaverales de cultivos hortícolas y cultivos abandonados, otro de comunidades arvenses veraniegas de cultivos hortícolas y cultivos abandonados y otro de comunidades arvenses de cultivos cerealistas y cultivos abandonados. Se

organizaron los relevés dentro de los 3 grupo y se les dio clasificaciones formales de V15A, V15B y V15C.

En este punto de la clasificación, hay 9 clasificaciones formales de hábitats. Sus códigos de clasificación, nombres oficiales y descripciones se pueden ver debajo:

U37: Comunidades nitrófilas de muros:

Paredes rocosas calcáreas o de base rica y grietas de las tierras bajas a los cinturones montanos de las montañas europeas en la región templada. Aunque las condiciones no son tan severas como en las altitudes más altas, las especies que crecen en estas rocas se adaptan a condiciones de hábitat extremas, las como la fuerte radiación solar, un bajo contenido de agua, fuertes fluctuaciones de día/noche y temperatura estacional, vientos fuertes, ausencia de cubierta de nieve, y suelo mal desarrollado. Muchas especies endémicas y raras ocurren aquí.

V15: Cultivos en barbecho o recientemente abandonados:

Campos abandonados o dejados para descansar, y otros espacios intersticiales en tierra perturbada. Tierras cultivables retiradas o abandonadas con hornacinas plantadas con fines de protección, estabilización, fertilización o recuperación del suelo. Los campos abandonados son colonizados por numerosas plantas pioneras, introducidas o nitrófilas. Proporcionan hábitats que pueden ser utilizados por animales de espacios abiertos.

En esta clasificación, las comunidades vegetales previamente clasificadas como V11, V12, V13 o V15 por el sistema experto EUNIS, han sido asignadas a una de las 3 subclasificaciones creadas en V15, V15A: Comunidades arvenses invierno-primaverales de cultivos hortícolas y cultivos abandonados, V15B: Comunidades arvenses veraniegas de cultivos hortícolas y cultivos abandonados y V15C: Comunidades arvenses de cultivos cerealistas y cultivos abandonados.

V34: Céspedes anuales de suelos pisoteados secos:

Pradera baja anual localizada en zonas pisoteadas secas y cálidas, por ejemplo, las comunidades de la alianza *Polygono-Coronopodion* con *Cynodon dactylon*, *Eragrostis minor*, *Herniaria glabra*, *Herniaria hirsuta*, *Juncus tenuis*, *Lepidium coronopus*, *Lepidium ruderae*, *Lolium perenne*, *Matricaria discoidea*, *Plantago lanceolata*, *Plantago Major*, *Poa annua* agg. y *Polygonum arenastrum*.



### V35: Céspedes anuales de suelos pisoteados mésicos

Bajas anuales localizadas en zonas pisoteadas mésicas, por ejemplo, las comunidades de la alianza *Saginion procumbentis* con *Juncus bufonius*, *Poa annua* agg., *Poa supina*, *Sagina apetala*, *Sagina procumbens*, *Spergularia rubra* y *Veronica serpyllifolia*; en los cinturones submontanos y montanos, la vegetación puede consistir en *Poa supinae*.

### V37: Comunidades ruderales anuales

Rodales dominados por plantas herbáceas anuales que se desarrollan en tierras urbanas o agrícolas recientemente abandonadas, en tierras que han sido reclamadas, en redes de transporte o en tierras utilizadas para la eliminación de desechos, típicamente en lugares que son frecuentemente perturbados o fueron afectados por un reciente evento de perturbación grave.

### V38: Comunidades ruderales perennes de suelos secos

Rodales dominados por plantas herbáceas perennes, frecuentemente ruderales, que se desarrollan en tierras urbanas o agrícolas abandonadas secas, en tierras que han sido reclamadas, en redes de transporte o en tierras utilizadas para la eliminación de desechos. Estos rodales a menudo reemplazan la vegetación herbácea antropogénica anual en el curso de la sucesión secundaria.

### V39: Comunidades ruderales perennes de suelos mésicos:

Rodales dominados por plantas herbáceas perennes, frecuentemente ruderales, que se desarrollan en tierras urbanas o agrícolas abandonadas, mésicas o ligeramente húmedas, en tierras que han sido reclamadas, en redes de transporte o en tierras utilizadas para la eliminación de desechos. Estos rodales a menudo reemplazan la vegetación herbácea antropogénica anual en el curso de la sucesión secundaria.

#### 3.3.1 Análisis de especies diagnosticas, constantes y dominantes

El primer análisis de especies examinó el tipo de especie dentro de cada clasificación. JUICE determinó si la especie era diagnóstica, dominante o constante usando su programa de “Analysis of Columns of Synoptic Table”. Se coleccionaron estos datos y se organizaron los resultados en la tabla siguiente. Por la alta cantidad de especies dominantes, la tabla solo incluye las especies diagnósticas y constantes.

**Tabla 3.** Desglose de especies diagnósticas y constantes de las nueve clasificaciones de hábitats. La tabla completa con datos de especies dominantes se puede encontrar en anexo 2.

Hábitat	Número de relevés	Especies Diagnosticas	% Fidelidad	Especies Constantes	% Fidelidad	Hábitat	Número de relevés	Especies Diagnosticas	% Fidelidad	Especies Constantes	% Fidelidad
U37	376	<i>Senecio vulgaris</i>	47,6	<i>Ochlopoa annua</i>	60,0	V34	287	<i>Plantago major</i>	54,5	<i>Plantago lanceolata</i>	31,0
		<i>Stellaria media</i>	45,6	<i>Sonchus oleraceus</i>	58,0			<i>Polygonum aviculare</i>	53,3		
		<i>Cardamine hirsuta</i>	42,0	<i>Vicia sativa</i>	31,0			<i>Ochlopoa annua</i>	45,4		
		<i>Veronica persica</i>	39,4					<i>Lolium perenne</i>	40,1		
		<i>Cerastium glomeratum</i>	38,8			V35	185	<i>Hordeum murinum</i>	49,5	<i>Plantago lanceolata</i>	39,0
		<i>Veronica hederifolia</i>	35,1					<i>Sisymbrium officinale</i>	44,1	<i>Dactylis glomerata</i>	39,0
		<i>Euphorbia helioscopia</i>	33,4					<i>Helminthotheca echinoides</i>	37,1	<i>Sonchus oleraceus</i>	32,0
		<i>Stachys arvensis</i>	32,9					<i>Daucus carota</i>	35,5	<i>Convolvulus arvensis</i>	31,0
		<i>Lamium purpureum</i>	32,5					<i>Anisantha sterilis</i>	35,3	<i>Holcus lanatus</i>	31,0
		<i>Calendula arvensis</i>	31,0					<i>Anisantha diandra</i>	34,5		
		<i>Coleostephus myconis</i>	30,4					<i>Carduus tenuiflorus</i>	32,1		
								<i>Avena barbata</i>	31,8		
V15A	256	<i>Chenopodium album</i>	69,1	<i>Sonchus oleraceus</i>	43,0			<i>Hirschfeldia incana</i>	30,8		
		<i>Persicaria maculosa</i>	69,0	<i>Polygonum aviculare</i>	34,0			<i>Melilotus albus</i>	30,1		
		<i>Digitaria sanguinalis</i>	62,7	<i>Senecio vulgaris</i>	32,0	V37	313	<i>Cymbalaria muralis</i>	84,6	<i>Sonchus oleraceus</i>	32,0
		<i>Solanum nigrum</i>	56,7					<i>Asplenium trichomanes</i>	78,1		
		<i>Fallopia convolvulus</i>	50,8					<i>Polypodium cambricum</i>	69,8		
		<i>Amaranthus hybridus aggr.</i>	49,8					<i>Parietaria judaica</i>	69,6		
		<i>Oxalis latifolia</i>	42,0					<i>Asplenium ceterach</i>	66,6		
		<i>Portulaca oleracea</i>	39,2					<i>Centranthus ruber</i>	54,7		
		<i>Stellaria media</i>	33,5					<i>Umbilicus rupestris</i>	54,3		
		<i>Setaria pumila</i>	32,8					<i>Hedera helix s.l.</i>	48,1		
V15B	142	<i>Arnosotis minima</i>	67,6	<i>Vicia Sativa</i>	37,0			<i>Sedum dasyphyllum</i>	30,4		
		<i>Rumex acetosella</i>	65,5			V38	124	<i>Carduus carpetanus</i>	75,7	<i>Urtica dioica</i>	40,0
		<i>Anthoxanthum ovatum</i>	61,6					<i>Jacobaea vulgaris</i>	73,1		
		<i>Scleranthus annuus</i>	61,4					<i>Cirsium eriophorum</i>	70,7		
		<i>Anthemis arvensis</i>	56,2					<i>Cirsium arvense</i>	61,3		
		<i>Ornithopus compressus</i>	44,7					<i>Cirsium vulgare</i>	58,2		
		<i>Campanula lusitanica</i>	43,8					<i>Carduus nutans</i>	55,6		
		<i>Mibora minima</i>	41,9					<i>Echium vulgare</i>	46,4		
		<i>Linaria elegans</i>	40,2					<i>Onopordum acanthium</i>	46,0		
		<i>Filago minima</i>	39,8					<i>Dipsacus fullonum</i>	45,0		
		<i>Ornithopus perpusillus</i>	39,3					<i>Reseda luteola</i>	44,7		
		<i>Spergula arvensis</i>	37,9					<i>Achillea millefolium</i>	44,0		
		<i>Holcus mollis</i>	37,7					<i>Cirsium richertianum</i>	38,6		
		<i>Cyanus segetum</i>	37,6					<i>Rumex crispus</i>	38,6		
		<i>Tolpis umbellata</i>	37,0					<i>Eryngium campestre</i>	36,2		
		<i>Lupinus angustifolius</i>	36,7					<i>Galium verum</i>	36,2		
		<i>Raphanus raphanistrum</i>	36,4					<i>Lactuca serriola</i>	32,4		
		<i>Aphanes australis</i>	35,8					<i>Rumex papillaris</i>	31,3		
		<i>Jasione montana</i>	35,8					<i>Cirsium odontolepis</i>	31,3		
		<i>Eryngium tenue</i>	34,7					<i>Centaurea scabiosa</i>	30,9		
		<i>Sedum arenarium</i>	34,6					<i>Verbascum virgatum</i>	30,2		
		<i>Trisetaria ovata</i>	33,8					<i>Centaurea lancei</i>	30,1		
		<i>Agrostemma githago</i>	33,4			V39	576	<i>Urtica dioica</i>	57,7	<i>Dactylis glomerata</i>	35,0
		<i>Moenchia erecta</i>	32,8					<i>Galium aparine</i>	55,3		
		<i>Ornithopus sativus</i>	32,2					<i>Lamium maculatum</i>	45,6		
		<i>Microphyrum tenellum</i>	30,9					<i>Sambucus ebulus</i>	45,5		
V15C	73	<i>Sagina apetala</i>	70,3	<i>Ochlopoa annua</i>	66,0			<i>Geranium pyrenaicum</i>	40,1		
		<i>Plantago coronopus</i>	64,6					<i>Pentaglottis sempervirens</i>	39,9		
		<i>Crassula tillaea</i>	57,9					<i>Alliaria petiolata</i>	34,4		
		<i>Spergularia marina</i>	53,9					<i>Geranium lucidum</i>	33,7		
		<i>Sagina maritima</i>	43,2					<i>Anthriscus sylvestris</i>	30,9		
		<i>Trifolium glomeratum</i>	37,3					<i>Heracleum sphondylium</i>	30,8		
		<i>Spergularia rubra</i>	30,9								

En comparación con los datos de EUNIS, las especies diagnósticas tuvieron la mayor correlación entre los hábitats de EUNIS y los hábitats de esta clasificación. Las especies constantes tenía la segunda mejor correlación, y las especie dominantes, la peor correlación.

### 3.3.2 Análisis de los rasgos ecológicos de las especies

Los datos ecológicos de todas las especies se coleccionaron de Flora Ibérica y el “Catálogo de las plantas vasculares del Principado de Asturias” para presentar en *Tabla 4* (Castroviejo 1986-2012; Prieto 2014).

Los valores en la tabla vienen de calculaciones de la media ponderada de las especies dentro de cada inventario para cada hábitat. Los rasgos de EIVE1.L, EIVE1.M, EIVE1.N, EIVE1.R y EIVE1.T refieren a los valores de indicadores ecológicos de Europa para la luz, humedad, nutrientes del suelo, pH del suelo y temperatura respectivamente.

**Tabla 4.** Análisis de rasgos de las especies que pertenecen a los nuevos hábitats antrópicos después de la clasificación. Incluye rasgos morfológicos, ecológicos, de ciclo vital y de los valores de indicadores ecológicos de Europa (EIVE). Los valores de rasgos en los 9 hábitats (columnas) se calcularon con sus propias escalas definidas en la segunda columna de la tabla y son de una media ponderada para que las especies con más cobertura tienen una mayor relevancia.

Rasgo	Escala	U37	V15A	V15B	V15C	V34	V35	V37	V38	V39
Invasor	Proporción	0.06	0.01	0.21	0.01	0.04	0.04	0.03	0.00	0.05
Anual	Proporción	0.04	0.81	0.58	0.66	0.63	0.57	0.30	0.08	0.20
Altura	cm	33.51	9.25	14.04	8.79	3.88	7.53	25.24	26.72	48.72
Altura <sub>MAX</sub>	cm	71.45	61.63	79.86	59.39	32.41	57.15	119.46	127.02	150.58
Floración <sub>MIN</sub>	Mes	3.24	2.59	4.02	3.74	2.10	2.99	3.59	5.39	4.13
Floración <sub>MAX</sub>	Mes	10.31	8.96	10.24	7.53	9.58	10.07	8.42	8.69	8.36
Floración <sub>MEDIA</sub>	Mes	6.76	5.78	7.14	5.59	5.84	6.53	5.99	7.04	6.23
EIVE1.L	Escala (0-10)	6.29	7.10	7.19	7.65	7.83	7.47	7.71	8.00	6.40
EIVE1.M	Escala (0-10)	3.94	3.96	4.20	3.23	4.65	4.23	3.68	3.44	4.53
EIVE1.N	Escala (0-10)	4.72	6.37	6.79	3.87	5.04	6.66	6.09	5.81	7.40
EIVE1.R	Escala (0-10)	7.00	6.00	6.16	4.37	6.01	6.08	6.53	6.75	6.54
EIVE1.T	Escala (0-10)	5.62	4.94	4.93	5.21	5.15	4.63	5.27	4.36	4.73

Frecuencia de perturbación	Escala (continua)	0.46	1.28	1.47	1.40	1.67	1.54	1.18	1.24	0.66
Severidad de perturbación	Escala (continua)	0.62	0.70	0.76	0.64	0.60	0.66	0.69	0.59	0.65
Perturbación de suelo	Escala (continua)	0.21	0.51	0.60	0.48	0.37	0.44	0.39	0.31	0.25
Presión de pastoreo	Escala (continua)	0.20	0.24	0.19	0.24	0.33	0.31	0.23	0.25	0.20
Frecuencia de siega	Escala (continua)	0.19	0.53	0.60	0.41	0.45	0.75	0.62	0.62	0.37

## 4 Discusión

### 4.1 Análisis de especies diagnosticas, constantes y dominantes

Para tener un punto de referencia para el análisis de especies diagnosticas, constantes y dominantes, los datos de esta clasificación se compararon con las combinaciones características hechas por EUNIS (Cytrý et al., 2020). Como dicho antes en los resultados, las especies diagnosticas de los hábitats de EUNIS y de los hábitats de esta clasificación tienen la mayor correlación. Debido a que las especies diagnósticas definen principalmente los hábitats, ver una correlación entre este tipo de especie se convirtió en un indicador positivo del éxito de la clasificación. Una correlación entre las especies constantes también apunta a una clasificación efectiva, pero es menos importantes ya que estas especies se pueden encontrar entre muchos hábitats distintos. Las especies dominantes tenían poca correlación entre los hábitats de EUNIS y los hábitats de esta clasificación. En este caso, las especies dominantes representan las especies que tienen la mayor cobertura dentro de un inventario o relevé. Esto significa que estas especies pueden variar mucho entre hábitats e incluso inventarios y no necesariamente definen un hábitat.

### 4.2 Análisis de los rasgos ecológicos de las especies

Como se ven en la *Tabla 3*, la proporción de especies invasoras es relativamente baja. Para la mayoría de los hábitats, las especies invasoras constituían menos de 10 por ciento de todas las especies con la excepción de hábitat V15B donde 26 por ciento de sus especies son invasoras. El hábitat V15B está compuesto por comunidades arvenses veraniegas de cultivos hortícolas y abandonados. Este hábitat es muy parecido a los otros hábitats del grupo V15, pero se diferencia por tener especies vernaes. La

diferencia del ciclo de vida de las especies puede dar una explicación al porcentaje alto de especies invasora. Muchas veces las especies invasoras brotan durante la primavera y florecen durante el verano como estrategia para superar la población nativa lo que significa que las invasoras son especies vernaes. Puesto que hábitat V15B está compuesto de especies vernaes, últimamente, tendrá más especies invasora debido a su ciclo de vida. A parte del hábitat V15B, los bajos porcentajes de especies invasoras indican comunidades de plantas saludables y un nivel de planificación para la reducción de especies invasoras. Esto es especialmente importante para los hábitats antrópicos para que imiten mejor a las comunidades naturales.

La cantidad de especies anuales presentes en cada hábitat fue un rasgo fácilmente explicado. Cada descripción de hábitat señaló la presencia de especies anuales o perennes que se indicaron casi directamente al porcentaje calculado de especies anuales. El hábitat con el porcentaje más pequeño de especies anuales era hábitat U37 con un 4,0% de especies anuales. Este hábitat es de comunidades de muros y debido a una gran cantidad de helechos – plantas perennes – tenía una clara falta de especies anuales. Esta clasificación contiene dos hábitats más con especies perennes, hábitats V38 y V39 cuales son comunidades ruderales perennes. Los datos de *Tabla 3* confirman las descripciones de estos dos hábitats por tener los siguientes porcentajes más bajos de anuales calculados en 8 y 20 por ciento respectivamente. El resto de los hábitats son de comunidades anuales explicado por sus títulos y otra vez confirmado por los porcentajes altos de anuales. Aparte del V37, estos hábitats tienen poblaciones donde más que la mitad de las especies son anuales.

Los valores de indicadores ecológicos de Europa son relativamente similares en todos los tipos de hábitat, pero incluyen algunos valores atípicos y significativos que diferencian los hábitats. Por ejemplo, el valor de nutrientes del suelo para hábitat V15C es mucho menor que el resto de los hábitats, Esto puede explicarse por el tipo de hábitat, ya que se clasifica como comunidades de cultivos cerealistas y cultivos abandonados. Muchas veces, este tipo de comunidad tienen menos nutrientes en el suelo por la practica cultivos intensivos que agota el suelo de sus nutrientes. A menudo, se dejan estos cultivos para descansar la tierra y recuperar los nutrientes. Deficiencias de nutrientes también provocan suelos ácidos que está confirmado con el valor de pH del hábitat V15C que otra vez es un valor atípico y muy bajo (Rorison, 1980).

Los datos de perturbación, pastoreo y siega son más indicativos de cada hábitat. Por ejemplo, es probable que el hábitat U37 tenga algunos de los valores más bajo, ya que incluye comunidades de muros, que no pueden sufrir perturbación de suelo. Esto se confirma en *Tabla 3* ya que U37 tiene los valores más bajos de frecuencia de perturbación, perturbación del suelo y frecuencia de siega. Otro ejemplo es de los dos hábitats de suelos pisoteados, V34 y V35. Los datos de frecuencia de perturbación confirman el estado del

suelo de estos hábitats al tener los valores más altos. Estos hábitats también tienen los valores más altos de presión de pastoreo. Este dato se refiere a la cantidad de animales que se mueven por los hábitats, otra confirmación de la presencia de suelos pisoteados.

#### *4.3 Observaciones sobre el uso de sistemas expertos para la clasificación de hábitats antrópicos*

Los resultados de esta clasificación confirman que el sistema experto EUNIS-ESy puede aplicarse a los hábitats artificiales, pero sugieren que sea necesario aplicar otras clasificaciones semisupervisadas y supervisadas para obtener los resultados más precisos.

Después del primer análisis de “Semi-supervised K-means Clustering” y limpieza de los datos utilizando métodos de clasificación supervisada se quitaron más de 500 relevés. Algunos de estos relevés eran sin clasificados, pero otros eran clasificados como hábitats antrópicos por EUNIS-ESy. El segundo análisis semisupervisado y limpieza supervisada quitó otros 218 relevés. Sin las clasificaciones semisupervisadas y supervisadas, esta clasificación habría tenido 790 relevés no antrópicos, casi un 34% del número total de los relevés finales.

Aunque esta clasificación no puede hablar de la efectividad del programa para hábitats no antrópicos, estos números sugieren que se requiera un análisis adicional cuando se use EUNIS-ESy para hábitats antrópicos. Dentro de las 31 clasificaciones de hábitats de EUNIS, el sistema experto solo puede clasificar parcelas de vegetación para 13 de ellas. Basado en los datos de cada parcela de vegetación, EUNIS-ESy no pueden distinguir los hábitats artificiales de los que son desarrollados con espontaneidad. Esto confirma la necesidad de otros métodos de clasificación y aunque el sistema experto da una buena referencia y es una herramienta útil para empezar la clasificación, no debe utilizarse para una clasificación completa.

## **5 Conclusión**

Los resultados de la clasificación sugieren la necesidad de nuevos métodos de clasificación para hábitats antrópicos. Aunque el uso de métodos de clasificación semisupervisados y supervisados puede ser eficaz para los hábitats naturales, los hábitats antrópicos requieren clasificaciones más detalladas debido a las diferentes combinaciones de especies características y la composición general de las especies. Los métodos de clasificación actuales, como el sistema experto EUNIS-ESy, también son completamente incapaces de clasificar ciertos hábitats artificiales, lo que sugiere una vez más la necesidad de nuevos métodos de clasificación. La mayoría de las dificultades de esta clasificación viene del sistema experto y

el programa JUICE. Al principio de este proyecto, EUNIS-ESy mal clasificó 790 relevés como inventarios antrópicos. Esto creó muchos problemas durante el proceso de clasificación, ya que JUICE intentó analizar y organizar estos relevés como hábitats antrópicos. Los inventarios mal clasificados se eliminaron manualmente del resto de hábitats antrópicos, alargando considerablemente el proceso de clasificación.

Debido a la falta de estudios sobre comunidades antrópicos, se necesitan futuras clasificaciones de hábitats antrópicos para probar y mejorar los métodos de clasificación. Idealmente, las clasificaciones completas de la ecorregión se completarían utilizando hábitats antrópicos y naturales. Esto proporcionaría una mejor comprensión de cómo estas comunidades artificiales encajan entre el resto de la ecorregión.

Incluso con sus dificultades, esta clasificación definió exitosamente los hábitats antrópicos de la ecorregión de los bosques mixtos cantábricos. Los datos calculados de rasgos de especies ayudaron a confirmar las nuevas clasificaciones de hábitat y dieron una mejor comprensión del estado de los hábitats antrópicos.

## Bibliografía

- Castroviejo, S. (coord. gen.). 1986-2012. Flora iberica 1-8, 10-15, 17-18, 21. Real Jardín Botánico, CSIC, Madrid.
- Chytrý M. et al. 2020. EUNIS Habitat Classification: Expert system, characteristic species combinations and distribution maps of European habitats. *Applied vegetation science* 19:147–163.
- Chytrý, M, Tichý, L, Hennekens, SM, et al. EUNIS Habitat Classification: Expert system, characteristic species combinations and distribution maps of European habitats. *Appl Veg Sci.* 2020; 23: 648–675. <https://doi.org/10.1111/avsc.12519>
- Chytrý, M. and Tichý, L. (2003) Diagnostic, constant and dominant species of vegetation classes and alliances of the Czech Republic: a statistical revision. *Folia Facultatis Scientiarum Naturalium Universitatis Masarykianae Brunensis, Biologia*, 108, 1–231.
- García González, V. (2021). *Syntaxa* [Data set]. Accessed November 2022.
- Ladislav Mucina, Helga Bültmann, Klaus Dierßen, Jean-Paul Theurillat, Thomas Raus, Andraž Čarni, Kateřina Šumberová, Wolfgang Willner, Jürgen Dengler, Rosario Gavilán García, Milan Chytrý, Michal Hájek, Romeo Di Pietro, Dmytro Iakushenko, Jens Pallas, Fred J.A. Daniëls, Erwin Bergmeier, Arnaldo Santos Guerra, Nikolai Ermakov, Milan Valachovič, Joop H.J. Schaminée, Tatiana Lysenko, Yakiv P. Didukh, Sandro Pignatti, John S. Rodwell, Jorge Capelo, Heinrich E. Weber, Ayzik Solomeshch, Panayotis Dimopoulos, Carlos Aguiar, Stephan M. Hennekens & Lubomír Tichý (2016): Vegetation of Europe: Hierarchical floristic classification system of vascular plant, lichen, and algal communities. *Applied Vegetation Science*. Vol. 19, Suppl. 1: 1–264.
- Mucina, L., Bültmann, H., Dierßen, K., Theurillat, J.-P., Raus, T., Čarni, A., Šumberová, K., Willner, W., Dengler, J., García, R.G., Chytrý, M., Hájek, M., Di Pietro, R., Iakushenko, D., Pallas, J., Daniëls, F.J., Bergmeier, E., Santos Guerra, A., Ermakov, N., Valachovič, M., Schaminée, J.H., Lysenko, T., Didukh, Y.P., Pignatti, S., Rodwell, J.S., Capelo, J., Weber, H.E.,



- Solomeshch, A., Dimopoulos, P., Aguiar, C., Hennekens, S.M. and Tichý, L. (2016), Vegetation of Europe: hierarchical floristic classification system of vascular plant, bryophyte, lichen, and algal communities. *Appl Veg Sci*, 19: 3-264. <https://doi.org/10.1111/avsc.12257>
- Olson, D.M., E. Dinerstein, E.D. Wikramanayake, N.D. Burgess, G.V.N. Powell, E.C. Underwood, J.A. D'Amico, I. Itoua, H.E. Strand, J.C. Morrison, C.J. Loucks, T.F. Allnutt, T.H. Ricketts, Y. Kura, J.F. Lamoreux, W.W. Wettengel, P. Hedao, and K.R. Kassem. Terrestrial Ecoregions of the World: A New Map of Life on Earth (PDF, 1.1M) *BioScience* 51:933-938. (WWF – ecorregión)
- Prieto, J et al. *Catálogo de las plantas vasculares del Principado de Asturias*. Editado por el Jardín Botánico Atlántico. Asturias: Ayuntamiento de Gijón, 2014.
- Rorison, I.H. (1980). The Effects of Soil Acidity on Nutrient Availability and Plant Response. In: Hutchinson, T.C., Havas, M. (eds) *Effects of Acid Precipitation on Terrestrial Ecosystems*. NATO Conference Series, vol 4. Springer, Boston, MA. [https://doi.org/10.1007/978-1-4613-3033-2\\_22](https://doi.org/10.1007/978-1-4613-3033-2_22)
- SIVIM. (2007). *Sistema de Información de la Vegetación Ibérica y Macaronésica*. [database]. Accessed April 2020.
- Tichý, L. (2002), JUICE, software for vegetation classification. *Journal of Vegetation Science*, 13: 451-453. <https://doi.org/10.1111/j.1654-1103.2002.tb02069.x>
- Tichý, L and Holt, J. *JUICE program for management, analysis and classification of ecological data*. Version 6.3. Czech Republic: Masaryk University BRNO; 2006.

### **Información de Apoyo**

Anexo 1: Lista de hábitats del tercer nivel de la jerarquía de clasificación de EUNIS (Chytrý M. et al. 2020). Incluye todos los hábitats del código V, sus descripciones traducidas a castellano y las especies dominantes.

Anexo 2: Tabla completa de especies diagnosticas, constantes y dominantes de los 9 hábitats finales.