

PLAN COMPLEMENTARIO DE AGROALIMENTACIÓN

AGROALNEXT ARAGÓN



iodiversa

GUÍA PRÁCTICA

Evaluación de la diversidad ecogeográfica de recursos fitogenéticos de interés agroalimentario conservados en bancos de germoplasma para la racionalización del manejo

Promovido y financiado por

Iniciativa impulsada por:



Creado dentro del Plan Complementario de Agroalimentación AGROALNEXT en el marco del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia y financiado por la Unión Europea – NextGenerationEU

AGROALNEXT



Descargo de responsabilidad: Esta publicación se basa en la información técnica más adecuada disponible. No obstante, esta información se facilita únicamente a título orientativo y su utilización depende de numerosos factores que escapan al control de los autores. Por lo tanto, el CITA o sus representantes no aceptan ninguna responsabilidad derivada del uso de esta publicación, por cualquier pérdida, daño o perjuicio. El usuario utiliza esta publicación en estos términos.

En la elaboración de esta guía han participado **Cristina Mallor, Estela Luna** y **M.^a José Tobajas**, del departamento de Ciencia Vegetal, y **M.^a Auxiliadora Casterad, Mónica Guillén** y **Rosa Gómez-Báguena**, del departamento de Sistemas Agrícolas, Forestales y Medio Ambiente del Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón (CITA)

Cómo citar esta obra:

Mallor, C. y Casterad, M.A. (Eds) 2025. *Guía práctica: Evaluación de la diversidad ecogeográfica de recursos fitogenéticos de interés agroalimentario conservados en bancos de germoplasma para la racionalización del manejo*. 46 p. <<https://hdl.handle.net/10532/7865>>

© de la edición: Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón (CITA).
© del contenido: los autores

ISBN 978-84-09-78712-8
URL: <https://hdl.handle.net/10532/7865>

Año 2025

Promovido y financiado por
Iniciativa impulsada por:



Creado dentro del **Plan Complementario de Agroalimentación AGROALNEXT** en el marco del **Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia** y financiado por la **Unión Europea – NextGenerationEU**

AGROALNEXT



Contenido

Contenido	3
Introducción	4
La necesidad de una gestión racionalizada de los bancos de germoplasma	4
Objetivos de esta guía	5
Procedimiento	6
¿Qué datos y programas necesito?	6
¿Cómo deben estar los datos?	8
¿Cómo tener la caracterización ecogeográfica de cada accesión?	10
¿Qué diversidad de ambientes identifico?	12
¿Cuál es mi colección núcleo?	12
Caso Práctico: Identificación de escenarios adaptativos de la colección del Banco de Germoplasma Hortícola de Zaragoza- BGHZ	15
Introducción	15
Objetivo	15
Resultados de la aplicación del procedimiento y su implicación en la gestión del banco de germoplasma	16
Fichas de apoyo a la ejecución del procedimiento	30
FICHA 1: Conversión de coordenadas latitud y longitud de formato sexagesimal a otros formatos	30
FICHA 2: Visualización del mapa ecogeográfico de Lizana (2021) con QGIS	32
FICHA 3: Creación de una capa vectorial de accesiones desde un archivo Excel con sus coordenadas utilizando QGIS	34
FICHA 4: Reproyección de una capa ráster a un sistema de coordenadas determinado con QGIS	38
FICHA 5: Incorporación de la caracterización ecogeográfica a un mapa de accesiones con QGIS	39
FICHA 6: Revisión de la localización de las accesiones y reubicación	40
FICHA 7: Exportar la tabla de atributos con la información de cada accesión y su categoría ecogeográfica	41
FICHA 8: Elección de la Colección Núcleo	42
Referencias	46

Introducción

La necesidad de una gestión racionalizada de los bancos de germoplasma

Los bancos de germoplasma constituyen las principales infraestructuras de almacenamiento de la diversidad de los recursos fitogenéticos de interés agroalimentario *ex situ*, es decir, fuera de sus hábitats naturales. El gran esfuerzo y recursos dedicados en los últimos años a la recolección de germoplasma han dado su fruto y existe una ingente cantidad de materiales conservados en bancos de germoplasma repartidos por todo el mundo. El interés en la conservación de estos recursos tiene un doble objetivo, evitar la erosión genética o pérdida de biodiversidad, a través de su conservación *ex situ*, y facilitar su utilización para dar respuesta a la demanda creciente de producción de alimentos, más acuciante si cabe, en los nuevos escenarios de cambio climático. El reto de los bancos es poder responder con rapidez y con el material más apropiado a peticiones de mejoradores y agricultores que demandan variedades o especies silvestres con potencial adaptación a sus necesidades.

En este contexto, la caracterización del germoplasma conservado resulta esencial para agregar valor a las colecciones, porque facilita y optimiza su utilización. La documentación de las colecciones de germoplasma incluye varios grupos de datos: de pasaporte, de caracterización y evaluación y de gestión de las colecciones. Los dos primeros grupos facilitan la selección y utilización de muestras por parte de los usuarios mientras que los últimos se manejan a nivel interno en los bancos.

Los materiales conservados en los bancos de germoplasma están identificados, al menos, con datos de pasaporte, que incluyen los de georreferenciación de las zonas de colecta. La disponibilidad de esta información para la mayor parte de las muestras conservadas en bancos de germoplasma nos ofrece una oportunidad para realizar la caracterización ecogeográfica de las diferentes colecciones, que podría ser de utilidad tanto para los usuarios como para la toma de decisiones por parte de los responsables de las colecciones.

La información ecogeográfica (bioclimática, geofísica y edáfica) del sitio de recolección de una accesión por sí sola muestra rasgos adaptativos del germoplasma y, en conjunto con otro tipo de caracterización como la fenotípica, puede resultar muy útil para explicar los patrones genéticos observados. Incluso puede ser una alternativa para facilitar la utilización del germoplasma por parte de mejoradores que buscan parentales con ciertos rasgos adaptativos en las colecciones. Además, la información ecogeográfica de las diferentes colecciones permitirá conocer los escenarios adaptativos existentes para un cultivo determinado y obtener una colección núcleo, considerando los diferentes escenarios donde se han recolectado las accesiones que componen cada una de las colecciones.



En el contexto actual, en el que los recursos disponibles para el mantenimiento de los bancos de germoplasma son muy limitados, se requiere una racionalización de las colecciones que permita optimizar el alcance de sus acciones. La caracterización ecogeográfica de las principales colecciones de especies va a permitir por un lado (1) agregar valor a la colección, ya que es una alternativa válida, sencilla y económica para poner a disposición de los posibles usuarios información que pueda resultar de interés, y por otro lado (2) disponer de información útil para la toma de decisiones en la gestión de los recursos fitogenéticos del banco, por ejemplo para la priorización de las entradas a regenerar, con el fin de tener disponibles en la colección entradas que abarquen la mayor diversidad posible de escenarios adaptativos (colecciones núcleo).

Objetivos de esta guía

El objetivo de esta guía es proporcionar una herramienta sencilla que permita optimizar la gestión de los recursos conservados *ex situ* en los bancos de germoplasma y facilitar su utilización a través de la identificación de los diferentes escenarios adaptativos representados en las colecciones utilizando información ecogeográfica y herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG).

Se presenta un procedimiento asequible para implementar de forma sencilla en los bancos de germoplasma. Se detallan los pasos a seguir para la caracterización ecogeográfica, identificación de escenarios adaptativos y obtención de una colección núcleo, mostrando los productos derivados de la aplicación del procedimiento y su utilidad. A modo de ejemplo, se utiliza la información del Inventario Nacional proporcionada por el Centro de Recursos Fitogenéticos (CRF-INIA-CSIC) correspondiente al cultivo de sandía de la colección de cucurbitáceas. Finalmente, se presenta un caso práctico de aplicación del procedimiento y su implicación en la gestión del Banco de Germoplasma Hortícola del Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón (BGHZ-CITA).

El resultado de aplicar este procedimiento permite:

- **Tener una visión general** de la representatividad ecogeográfica de las colecciones conservadas en el banco de germoplasma.
- **Identificar categorías ecogeográficas** no representadas o poco representadas en las colecciones para orientar futuras colectas de germoplasma.
- **Obtener colecciones nucleares** según su diversidad ecogeográfica con el fin de priorizar la conservación y garantizar su disponibilidad para los usuarios del germoplasma.

Procedimiento

M.^ª Auxiliadora Casterad, Estela Luna, Mónica Guillén,
Rosa Gómez-Báguena, M.^ª José Tobajas, y Cristina Mallor

¿Qué datos y programas necesito?

Una **base de datos con las accesiones** del material del banco de germoplasma objeto de estudio y un **mapa ecogeográfico** son las dos fuentes de información necesarias. Además, se precisa contar con una **hoja de cálculo** y un **sistema de información geográfica** (SIG) para manejar, analizar y representar la información.

Información sobre las accesiones del banco de germoplasma

La información sobre las accesiones debe ajustarse a un formato que permita estructurar todo el contenido y unificar información de diferentes bases de datos si fuera necesario. El formato adoptado en el procedimiento que se presenta es la **tabla de pasaporte** basada en los descriptores de la FAO (Alercia et al., 2015) y del Centro de Recursos Fitogenéticos (CRF).

Los **campos obligatorios** para la evaluación de la diversidad ecogeográfica de recursos fitogenéticos son el número de catálogo (NC) que es un identificador único, y las coordenadas (longitud y latitud). En la Tabla 1 se muestran los campos de la tabla de pasaporte que se va a utilizar en esta guía para ilustrar el procedimiento.



Tabla 1. Descripción de los campos de la tabla de pasaporte

CAMPO	DESCRIPCIÓN
N CATALOGO NC	Identificador único de la accesión en el Inventario Nacional de la Red de Colecciones del Programa Nacional de Conservación y Utilización de Recursos Fitogenéticos
ESTADO	Estado de la accesión: conservada en algún banco (C), desaparecida/eliminada (E), solo información (I). Los materiales del Inventario Nacional son siempre C.
BANCO CB	Identificador del Centro Nacional de Recursos Fitogenéticos (CRF) del INIA-CSIC (Banco Base)
N CB CRF	Identificador único de cada accesión en la colección base del CRF
BANCO CA	Identificador de la organización que posee el germoplasma (Banco colección activa).
N BANCO CA	Identificador único de cada accesión en el banco de germoplasma activo
BANCO CA2	Identificador de la organización que posee un duplicado del germoplasma (Banco 2)
N BANCO CA2	Identificador único de cada accesión duplicada en el banco de germoplasma
DONANTE	Identificador de la organización que ha donado la muestra
FAMILIA	Nombre de la familia botánica
GENERO	Nombre científico del género
ESPECIE	Nombre científico de la especie
ESPECIE AUTOR	Nombre del autor de la designación de la especie
SUBTAX	Identificación taxonómica por debajo de especie
SUBTAX AUTOR	Autor del nombre del subtaxon
NOMBRE COMUN	Nombre coloquial de la especie cultivada
NOMBRE LOCAL	Nombre local utilizado en la designación de la accesión
INS_REC	Identificador del instituto recolector
FECHA_RECOLECCION	Fecha de recolección de la muestra [AAAAMDD]
PAIS_ORIGEN	Código ISO 3166-1 de tres letras del país (ESP)
ESTADO_REGION	Comunidad Autónoma en el caso de España
PROVINCIA	Provincia
MUNICIPIO	Municipio
LOCALIDAD	Localidad
LATITUD	Grados (2 dígitos), minutos (2 dígitos) y segundos (2 dígitos), seguidos por N (Norte) o S (Sur) (por ej. 103020S)
LONGITUD	Grados (3 dígitos), minutos (2 dígitos) y segundos (2 dígitos), seguidos por E (Este) o W (Oeste) (por ej. 0762510W)
ALTITUD	Metros sobre el nivel del mar
TIPO_MATERIAL	Condición biológica de la accesión: 100. Silvestre 200. Mala hierba 300. Cultivar primitivo o tradicional 400. Material para cruzamientos 500. Variedad comercial 999. Otro
FUENTE	Procedencia de las entradas recolectadas o adquiridas: 10. Hábitat natural 20. Explotación agrícola 30. Mercado o tienda 40. Instituto/Centro de investigación/Banco de germoplasma 50. Compañía de semillas 60. Hábitat de arvenses, de plantas ruderales o alterado
GRUPO	HOR. Especies hortícolas
PSC	Parientes silvestres de los cultivos.
OBSERV WEB	Observaciones
ANEJO1	Presencia de la especie en el Anexo 1 del Tratado Internacional de Recursos Fitogenéticos para la Agricultura y la Alimentación.
ENTSML	Estado de la accesión con respecto al Sistema Multilateral del Tratado Internacional de los Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura

La normalización y homogeneización de la información de la base de datos es primordial. Los datos de la colección de cucurbitáceas del CRF de la sandía utilizados para ilustrar el procedimiento a seguir, *sandia.xlsx*, está disponible en <https://hdl.handle.net/10532/7865>

Mapa ecogeográfico

La caracterización ecogeográfica del material de un Banco de Germoplasma implica un análisis de toda la información ambiental de cada localización donde se desarrolla un individuo o una población directamente relacionada con el proceso de adaptación al entorno biótico o abiótico (Parra-Quijano, et al., 2012). Dicha caracterización implica asignar a cada una de las entradas del banco de germoplasma (muestra), información de tipo bioclimático, geofísico y edáfico del lugar de su recolección. Por ello se requiere, además de las coordenadas, información ambiental que cubra el área de trabajo.

Los *mapas de caracterización ecogeográfica del territorio* integran las condiciones abióticas de un determinado espacio geográfico a las cuales se han adaptado las especies, y son la fuente de datos elegida. Concretamente, en la presentación de este procedimiento se adopta el *mapa* elaborado por Lizana (2021). Mapa_ELC_España.tif está disponible en: <<https://hdl.handle.net/10532/7865>>

Programas informáticos

La metodología propuesta requiere de una *hoja de cálculo* para manipular las bases de datos y un SIG para visualizar y trabajar con los mapas. En el procedimiento que se describe, se utiliza como hoja de cálculo el programa Excel y el programa QGIS versión:3.34.11-Prizren <<https://www.qgis.org>>, este último es una opción recomendable ya que es un programa de libre acceso e intuitivo.

¿Cómo deben estar los datos?

La preparación de los datos con los que se va a trabajar requiere:

Conocer qué información sobre las accesiones contiene nuestra base de datos

Debemos asegurarnos de que tiene los campos obligatorios para realizar el procedimiento: identificador único y las coordenadas de latitud y longitud.

Los datos de caracterización de la colección disponibles se incorporan en una tabla Excel, con las entradas (accesiones) en las filas y las características en las columnas. Como se va a trabajar con muestras recolectadas en ESPAÑA, se hace un filtrado por el campo PAIS_ORIGEN de donde proceden las muestras recolectadas y se selecciona el valor "ESP". En el fichero *sandía.xlsx* se presenta un ejemplo con datos de caracterización de sandía (columnas de la A a la AH).

Tener localizada la zona donde se recolectó la muestra

La localización es uno de los datos más importantes para la caracterización ecogeográfica. De esta manera las accesiones podrán representarse sobre el mapa ecogeográfico y obtener la información ecogeográfica correspondiente a cada una de ellas. Para ello se utilizarán herramientas SIG.



Según la tabla pasaporte la *latitud* debe constar de 7 caracteres: grados (2 dígitos), minutos (2 dígitos) y segundos (2 dígitos) seguidos de la dirección norte (N) o sur (S). En el caso de España todas las entradas estarán localizadas en latitud norte. La *longitud* tendrá 8 caracteres: grados (3 dígitos), minutos (2 dígitos) y segundos (2 dígitos) y la dirección este (E) u oeste (W) según sea el caso. Las coordenadas en esta tabla se presentan en formato sexagesimal.

El formato para su incorporación a QGIS debe tener detrás de los grados el símbolo °, detrás de los minutos ' y detrás de los segundos '' además de la letra correspondiente N, S, E, W o estar expresadas en grados decimales.

En la **FICHA 1** se detalla el procedimiento para dar el nuevo formato a las coordenadas (latitud-longitud) requerido por QGIS, con ayuda de Excel, tanto para el formato GG°MM'SS''Letra y para el formato en grados decimales ±GG,GGGG.

Las filas que no tienen dato de coordenada porque no se ha conseguido obtener su localización se quedan vacías, y se perderá su representación en el mapa de localización, pero siguen estando en la base de datos (tabla Excel). Las dos columnas con las coordenadas reflejadas en el formato GMS de QGIS, o en formato decimal (±GG,GGGG), van a ser clave a la hora de representar cada entrada en el mapa ecogeográfico.

Conocer las características del mapa ecogeográfico

El mapa para la caracterización ecogeográfica debe estar disponible en un formato digital compatible para su integración y manejo en los programas SIG y debe representar los diferentes ambientes existentes. Se propone la utilización de un mapa base de caracterización ecogeográfica del territorio (*Ecogeographic Land Characterization*, ELC).

Como ya se ha indicado anteriormente, en la presentación de este procedimiento se adopta el *mapa para España Peninsular y las Islas Baleares y Canarias elaborado por Lizara (2021)*. Está basado en tres tipos de variables abióticas:

- **Bioclimáticas**, que hacen referencia a factores relacionados con la temperatura y la precipitación.
- **Geofísicas**, que agrupa los factores topográficos y de relieve de mayor importancia, especialmente relacionados con la radiación solar.
- **Edáficas**, que refieren a factores relacionados con las condiciones físicas y/o químicas de la fracción del suelo de la que las plantas dependen.

El mapa presenta 24 categorías únicas ecogeográficas que han surgido de la combinación de 2 grupos obtenidos de la clasificación con variables bioclimáticas, 3 grupos con las geofísicas y 4 grupos con las edáficas ($2 \times 3 \times 4 = 24$ categorías). La categoría 0 corresponde a celdas que en su mayor parte son zonas costeras, riberas o zonas urbanas, es decir, donde la mayor parte de la superficie es agua, edificios, vías urbanas etc. Por ello esta categoría no se considera, y se trabaja con las 23 categorías restantes (Figura 1).

En la **FICHA 2** se detalla el procedimiento a seguir para la visualización del mapa ecogeográfico de Lizana (2021).

Mapa de caracterización ecogeográfica de España

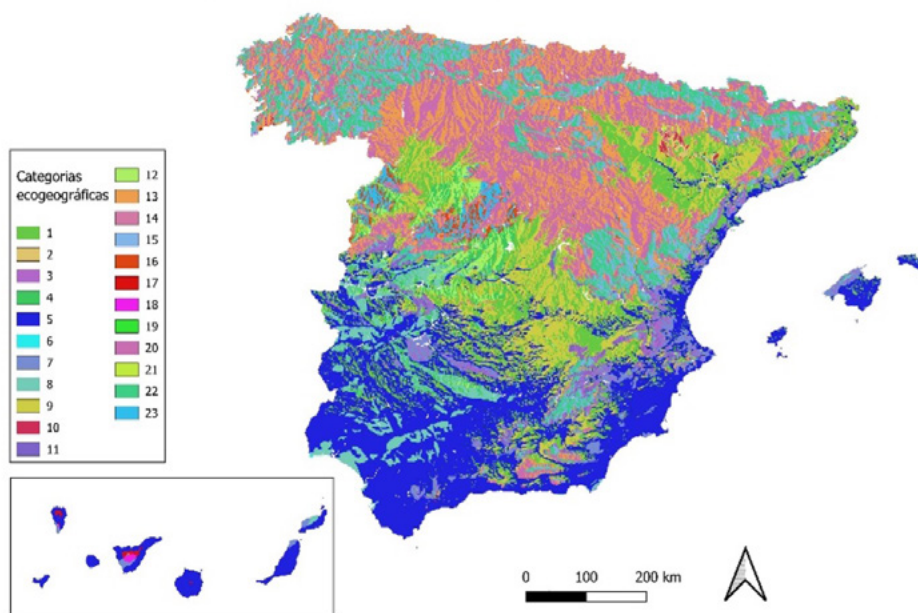


Figura 1. Caracterización ecogeográfica de España (Lizana,2021).

¿Cómo tener la caracterización ecogeográfica de cada accesión?

Las diferentes accesiones deben localizarse en el mapa ecogeográfico para saber qué categoría ecogeográfica corresponde a cada una y que ambientes están representados. La identificación accesión a accesión en este mapa resulta poco operativa cuando se tiene un número considerable de ellas y puede agilizarse con el SIG. Además, la utilización del SIG permite crear el mapa de distribución de las accesiones sobre la caracterización ecogeográfica.

El proceso requiere:

Tener un mapa de localización de las accesiones en formato digital

La base de datos con las entradas y coordenadas de cada accesión (*sandía.xlsx*) constituye la fuente de datos con la que generar este mapa. A partir de ella se crea una capa de puntos (shapefile vectorial) en la que cada punto georreferenciado representa una accesión. En la **FICHA 3** se indican los pasos a seguir para obtener esta capa de accesiones georeferenciadas con el formato y geometría adecuados para su combinación con el mapa ecogeográfico, directamente desde un archivo Excel (OPCIÓN A) o desde un archivo CSV (OPCIÓN B).

Visualizar el mapa de accesiones sobre el mapa ecogeográfico

En el SIG se incorporan los dos mapas, ecogeográfico y de accesiones, en el panel de capas. De esta manera tenemos representadas una capa de puntos con las entradas de las accesiones objeto de estudio y otra capa que es el mapa de categorías ecogeográficas. Una vez superpuestas las dos capas se puede observar cada entrada localizada sobre el mapa ecogeográfico (Figura 2).



Es muy importante que el sistema de referencia de coordenadas sea el mismo en las dos capas para que la localización, cuando se combinen, sea la adecuada. El sistema de referencia seleccionado es EPSG:4326-WGS84 ya que es en el que vienen las coordenadas en la base de datos de las accesiones. En la **FICHA 4** se indica cómo cambiar el sistema de coordenadas de nuestro mapa ecogeográfico con QGIS (reproyectar).

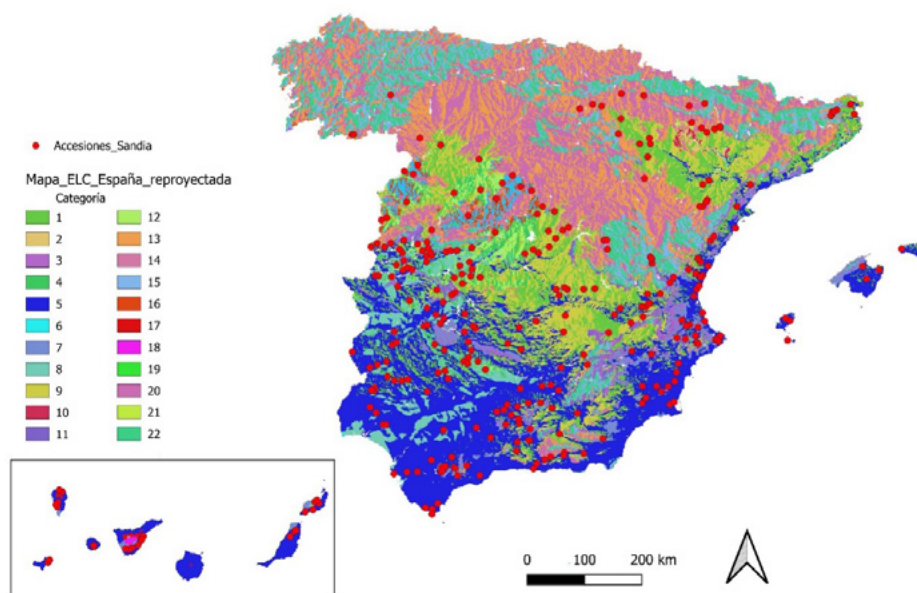


Figura 2. Distribución de las Accesiones de sandía sobre el mapa de caracterización ecogeográfica de España (Lizana,2021)

Añadir a nuestros datos de accesiones la categoría del mapa ecogeográfico que le corresponde

Al cruzar el mapa de accesiones con el mapa ecogeográfico se obtiene una nueva capa digital que tiene asociada una tabla con la información de caracterización de las accesiones y la categoría ecogeográfica a la que pertenece cada una.

Para ello utilizaremos la herramienta Muestra de valores ráster, como se muestra en la **FICHA 5**.

Una vez realizado el cruce de estas dos capas se recomienda:

- Revisar si hay alguna accesión (punto) localizada en zona costera, en el mar, zonas urbanas, vías de comunicación, etc., es decir, en la categoría 0 o categoría NULL. Identificadas estas accesiones se puede optar por no considerarlas y eliminarlas o por desplazarlas a una ubicación cercana fuera de la categoría 0 en caso de que estén en esta categoría. Para las entradas con categoría NULL y que tengan coordenadas, sería más aconsejable revisar las coordenadas.
- Tener en cuenta que puede haber más de una accesión/entrada con la misma coordenada y por tanto se visualizan y representan superpuestas.

En la **FICHA 6** se describe el procedimiento a seguir para la revisión de la localización de las accesiones y su reubicación.

Exportar los datos de las accesiones con las características ecogeográficas a una base de datos

La información queda recopilada en un fichero para su manipulación y tratamiento digital. En la **FICHA 7** se muestra como exportar para trabajar en Excel la tabla de atributos con la información y las categorías ecogeográficas de cada una de las entradas.

¿Qué diversidad de ambientes identifico?

La tabla con la información y las categorías ecogeográficas de cada una de las entradas contiene la información necesaria para identificar la diversidad existente. El tratamiento de esta información permite conocer cuántas categorías ecogeográficas diferentes están presentes en nuestra colección, que categorías no están representadas, cuál es la categoría con más accesiones y la que menos presenta, etc., así como realizar un análisis de la diversidad de ambientes presentes e identificar la colección núcleo.

¿Cuál es mi colección núcleo?

Según Brown (1989), se entiende por colección nuclear a una fracción manejable de muestras, seleccionadas para conservar la mayor diversidad posible del conjunto.

El objetivo final de una colección núcleo es: 1) Representar todo el material presente en una colección original, y 2) Lograr que la colección original se conserve mejor y se utilice más eficazmente.

El procedimiento general para seleccionar una colección núcleo consiste en los cinco pasos que se enumeran a continuación siguiendo la metodología de Van Hintum et al. (2003):

1. Identificar el material ORIGINAL (la colección) que estará representado.
2. Decidir el tamaño que tendrá la colección núcleo, es decir, el número de entradas/accesiones. Una vez se haya identificado el material de la colección original que se va a representar, hay que decidir el número de entradas con el que se va a trabajar. Dados los objetivos de una colección núcleo, su tamaño será mucho menor que el de la colección de origen, normalmente se habla de valores entre el 5 – 20% del tamaño de la colección original.
3. Dividir el conjunto de material empleado en grupos diferenciados.
4. Decidir el número de entradas por grupo. Existen varias formas para decidir el número de entradas que deberá tener cada una de las categorías. Algunos responsables de bancos deciden incluir por lo menos una accesión de cada grupo, aun cuando se trate de grupos tan pequeños que una asignación proporcional los omitiría del núcleo.
5. Elegir qué entradas de cada categoría se incluirán en la colección núcleo. Como metodología más sencilla se propone elegir las accesiones aleatoriamente para que no se elijan los números NC (Número de



Colección) seguidos. Sin embargo, aquí el responsable del banco es el que debe elegir en base a sus propios criterios ya sea por localización, por importancia, por número de semillas, etc. qué entradas debe elegir.

En el ejemplo que presentamos en esta guía:

1. En este caso se trabaja con la base de datos de la sandía que tiene las categorías del mapa base ELC.
2. La colección de sandías está formada por 591 accesiones, pero al categorizar quedan 575 ya que hay 16 accesiones sin coordenadas y no se les ha podido asignar categoría. Se va a trabajar con el 10% de la colección.
3. Los grupos diferenciados son las categorías del mapa ecogeográfico.
4. Tal y como se ha comentado anteriormente se ha elegido la opción de seleccionar el 10% de las accesiones de la colección original, por lo que se calcula el 10% de cada categoría. En los casos en los que esta asignación proporcional pueda omitir accesiones en una categoría, al ser un grupo muy pequeño, se elegirá por lo menos una accesión (Tabla 2).
5. Las accesiones se elegirán aleatoriamente.

Tabla 2. Colección núcleo de sandía.

Categoría	Accesiones	10% de Accesiones	Accesiones colección núcleo
1	103	10,3	10
3	13	1,3	1
4	39	3,9	4
5	239	23,9	24
7	19	1,9	2
8	27	2,7	3
9	51	5,1	5
11	18	1,8	2
12	13	1,3	1
13	13	1,3	1
15	2	0,2	0
16	4	0,4	0
20	26	2,6	3
21	2	0,2	0
22	3	0,3	0
23	3	0,3	0
Accesiones:	575		56

No hay accesiones de sandía en las categorías 2, 6, 10, 14, 17, 18 y 19.

En la **FICHA 8** se explica el procedimiento para hacerlo de forma aleatoria utilizando el SIG (QGIS), OPCIÓN A, o usando una hoja de cálculo (Excel) OPCIÓN B.

En el caso de hacer la elección de la colección núcleo con hoja de cálculo, y se quiere incorporar al SIG, habrá que seguir las indicaciones de la **FICHA 3**.

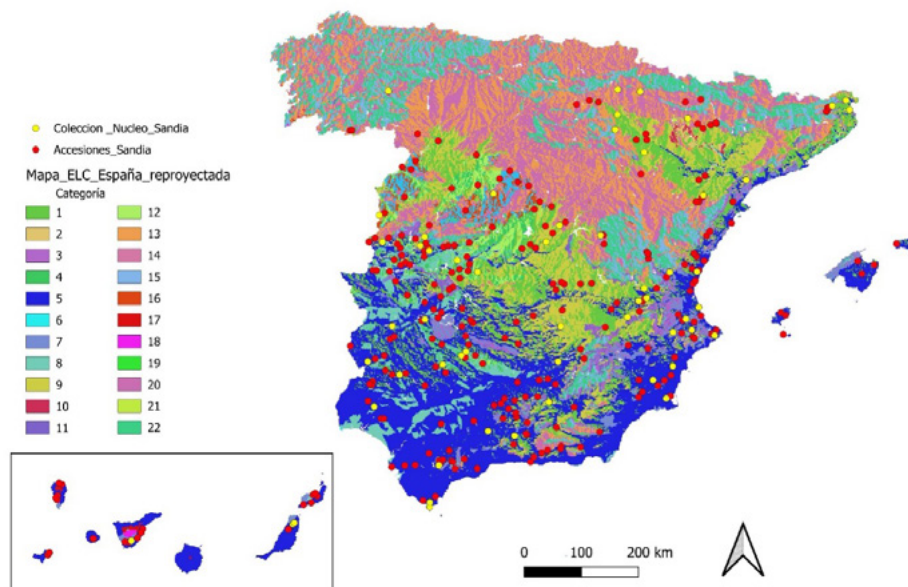


Figura 3. Distribución de Accesiones y Colección Núcleo de sandía sobre el mapa ecogeográfico de España (Lizana,2021)

Así mismo, se observa que en la distribución de los puntos de la colección núcleo elegidos aleatoriamente se puede dar el caso de aparecer más de una accesión en zonas muy próximas, incluso el mismo punto, esto depende del número de accesiones en cada categoría, ya que hay categorías (p. ej. Categoría 1 y 5, en el caso de la sandía) donde hay mayor número de accesiones que son diferentes, pero tienen el mismo punto de coordenada por lo que habrá mayor probabilidad de que la distribución no parezca fiable (Figura 4).

IDAD	LATITUD	LONGITUD	DeaLongitu	DeaLatitud	Altitud	TIPO_MATER	FUENTE	GRUPO	PSC	ISERV	WI	INEJO	INTSM	Categoría1
58	410848N	0004920E	0.82222222222222	41.1466666666666	363 300	N.L.L.	HOR	0	N.L.L.	0	0	0	11.0000000000000	
59	421418N	0024239E	2.71083333333333	42.2383333333333	338 300	21	HOR	0	N.L.L.	0	0	0	20.0000000000000	
60	421834N	0030035E	3.00972222222222	42.3094444444444	38 300	21	HOR	0	N.L.L.	0	0	0	5.00000000000000	
61	421834N	0030035E	3.00972222222222	42.3094444444444	38 300	21	HOR	0	N.L.L.	0	0	0	5.00000000000000	
62	421834N	0030035E	3.00972222222222	42.3094444444444	38 300	21	HOR	0	N.L.L.	0	0	0	5.00000000000000	
63	420919N	0030415E	3.07083333333333	42.1552777777777	7 300	N.L.L.	HOR	0	N.L.L.	0	0	0	1.00000000000000	

Figura 4. Detalle de la tabla de atributos de la Colección Núcleo, donde se ve el caso de accesiones seleccionadas aleatoriamente con las mismas coordenadas

En definitiva, la colección núcleo quedaría formada por 61 de las 575 accesiones que conforman la colección original (Tabla 2), con la distribución que se muestra en la Figura 3.



Caso Práctico: Identificación de escenarios adaptativos de la colección del Banco de Germoplasma Hortícola de Zaragoza- BGHZ

Cristina Mallor, M.ª José Tobajas y Estela Luna

Introducción

El Banco de Germoplasma Hortícola del Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón (BGHZ-CITA) fue creado en el año 1981 con los objetivos de (1) garantizar la conservación *ex situ* de los recursos fitogenéticos hortícolas españoles para evitar la pérdida de biodiversidad o erosión genética, (2) divulgar el valor de los recursos genéticos conservados para promover su utilización, y (3) fomentar el uso de la biodiversidad conservada por los sectores de la investigación y la producción agraria.

Después de más de 40 años de funcionamiento el BGHZ-CITA actualmente mantiene una colección de 18.551 entradas o accesiones pertenecientes a 385 especies (consulta en mayo de 2023) que incluyen, además de cultivares locales de las hortalizas más importantes, especies de cultivo minoritario y otras silvestres relacionadas, todas ellas de gran utilidad para la mejora genética y la conservación de la biodiversidad.

La falta de biodiversidad cultivada está comprometiendo los sistemas productivos, por lo que la utilización de fuentes de variación genética resulta imprescindible para afrontar futuros retos como el cambio climático o la aparición de nuevas plagas y enfermedades. En este sentido, los bancos de germoplasma son poseedores de una gran diversidad genética. Sin embargo, la falta de información asociada a los recursos que se mantienen dificulta la identificación de los genotipos de interés.

Objetivo

- Implementar mejoras en la gestión del Banco de Germoplasma BGHZ del CITA, facilitando la toma de decisiones mediante la representación de las colecciones de especies cucurbitáceas conservadas e identificando aquellas accesiones que abarquen la mayor diversidad posible para cada especie, utilizando la información ecogeográfica y herramientas sistemas de información geográfica (SIG).

Para alcanzar este objetivo, se utiliza la base de datos georreferenciada del BGHZ-CITA, referente a las principales especies de la familia de las cucurbitáceas (melón, pepino, sandía y calabaza) de origen español y se analiza la diver-

sidad de cada una de las colecciones, identificando colecciones núcleo a nivel nacional y regional (Aragón), siguiendo el procedimiento detallado en esta guía.

Además de los datos detallados en el procedimiento se utiliza información adicional del BGHZ-CITA, como son: (1) la disponibilidad de la accesión en el BGHZ-CITA para atender peticiones, que depende de la cantidad y de la calidad de la semilla conservada y (2) la disponibilidad de datos de caracterización primaria asociados a las accesiones conservadas.

Resultados de la aplicación del procedimiento y su implicación en la gestión del banco de germoplasma.

La colección de melón (*Cucumis melo* L.)

La colección de melón del BGHZ-CITA está formada por un total de 615 accesiones, 385 muestras están disponibles y 230 no están disponibles. La aplicación del procedimiento nos permite observar su distribución en el mapa según las diferentes categorías ecogeográficas. Además, también existe la posibilidad de añadir diferentes capas vectoriales para observar su distribución sobre la geografía española e incluso diferenciar las entradas según su disponibilidad (Figura 5).

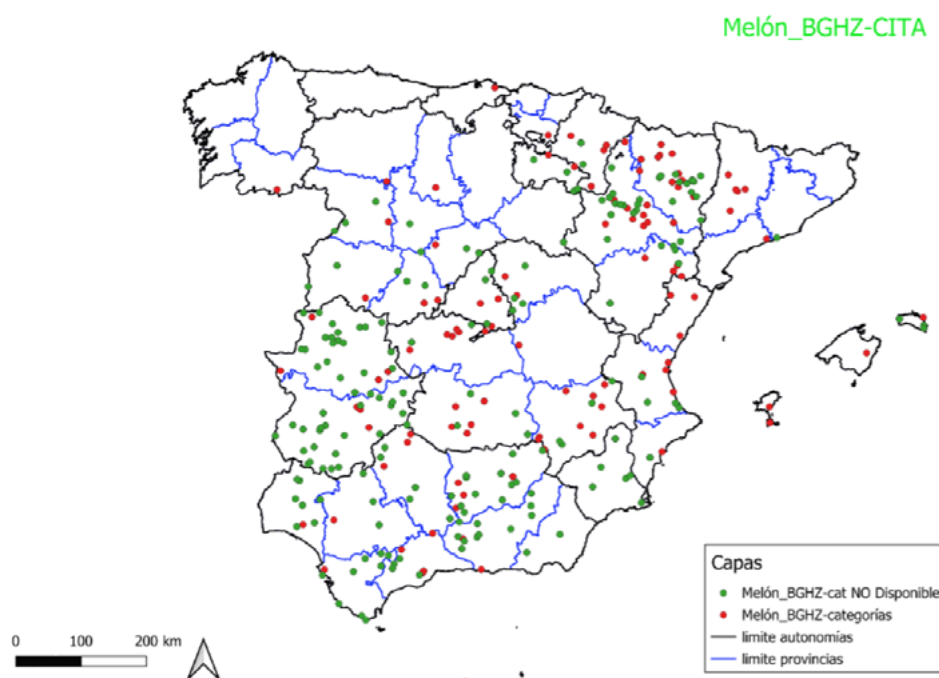


Figura 5. Distribución de las accesiones (acc.) de la colección de melón del BGHZ-CITA (615 acc.), según su disponibilidad: disponibles (385 acc.) y no disponibles (230 acc.).

La colección núcleo obtenida siguiendo el procedimiento está formada por 65 accesiones, lo que supone el 10,6% del tamaño de la colección original. En la Figura 6 se muestra la distribución de esta colección en el mapa, según su disponibilidad



Colección Núcleo Melón_BGHZ-CITA



Figura 6. Distribución de las accesiones (acc.) de la colección núcleo de melón del BGHZ-CITA (65 acc.), según su disponibilidad: disponibles (19 acc.) y no disponibles (46 acc.).

La colección de sandía (*Citrullus lanatus* L.)

La colección de sandía del BGHZ-CITA está formada por un total de 304 accesiones, 155 muestras están disponibles y 149 no están disponibles. La aplicación del procedimiento nos permite observar su distribución en el mapa según las diferentes categorías ecogeográficas. Además, también existe la posibilidad de añadir diferentes capas vectoriales para observar su distribución sobre la geografía española e incluso diferenciar las entradas según su disponibilidad (Figura 7).

Sandía_BGHZ-CITA



Figura 7. Distribución de las accesiones (acc.) de la colección de sandía del BGHZ-CITA (304 acc.), según su disponibilidad: disponibles (155 acc.) y no disponibles (149 acc.).

La colección núcleo obtenida está formada por 35 accesiones, lo que supone el 11,5% del tamaño de la colección original. En la Figura 8 se muestra la distribución de esta colección en el mapa, según su disponibilidad.

Colección Núcleo Sandía_BGHZ-CITA

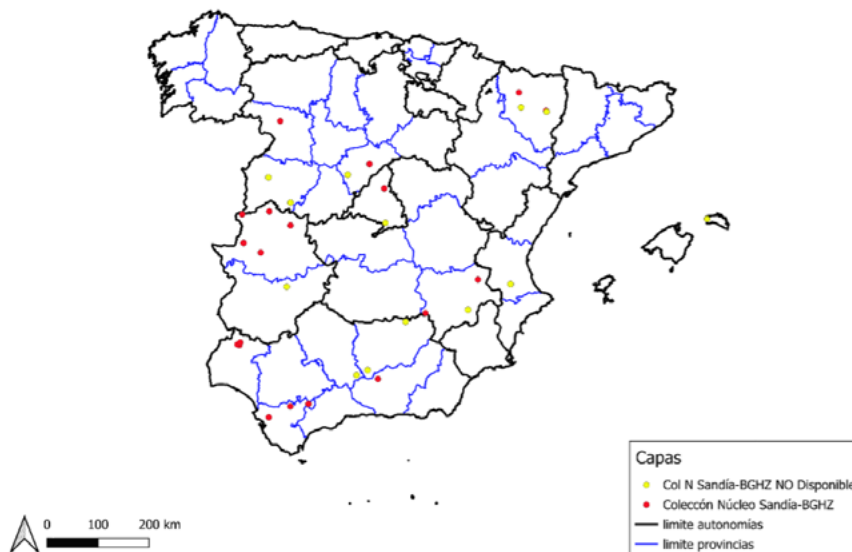


Figura 8. Distribución de las accesiones (acc.) de la colección núcleo de sandía del BGHZ-CITA (35 acc.), según su disponibilidad: disponibles (14 acc.) y no disponibles (21 acc.).

La colección de pepino (*Cucumis sativus* L.)

La colección de pepino del BGHZ-CITA está formada por un total de 270 accesiones, 106 muestras están disponibles y 164 no están disponibles. La aplicación del procedimiento nos permite observar su distribución en el mapa según las diferentes categorías ecogeográficas. Además, también existe la posibilidad de añadir diferentes capas vectoriales para observar su distribución sobre la geografía española e incluso diferenciar las entradas según su disponibilidad (Figura 9).

Pepino_BGHZ-CITA

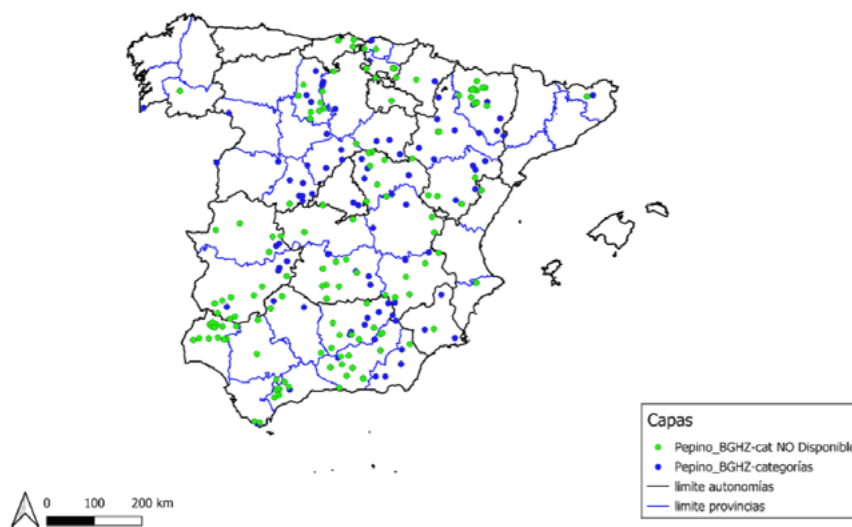


Figura 9. Distribución de las accesiones (acc.) de la colección de pepino del BGHZ-CITA (270 acc.), según su disponibilidad: disponibles (106 acc.) y no disponibles (164 acc.).

La colección núcleo obtenida está formada por 34 accesiones, lo que supone el 12,6% del tamaño de la colección original. En la Figura 10 se muestra la distribución de esta colección en el mapa, según su disponibilidad.



Colección Núcleo Pepino_BGHZ-CITA

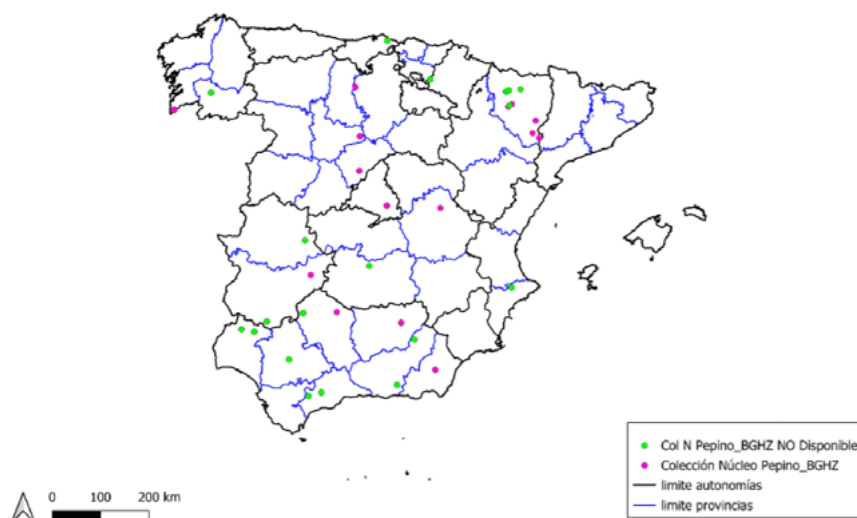


Figura 10. Distribución de las accesiones (acc.) de la colección núcleo de pepino del BGHZ-CITA (34 acc.), según su disponibilidad: disponibles (15 acc.) y no disponibles (19 acc.).

La colección de calabaza (*Cucurbita* sp.)

La colección de calabaza del BGHZ-CITA está formada por un total de 993 accesiones, 128 muestras están disponibles y 865 no están disponibles. La aplicación del procedimiento nos permite observar su distribución en el mapa según las diferentes categorías ecogeográficas. Además, también existe la posibilidad de añadir diferentes capas vectoriales para observar su distribución sobre la geografía española e incluso diferenciar las entradas según su disponibilidad (Figura 11).

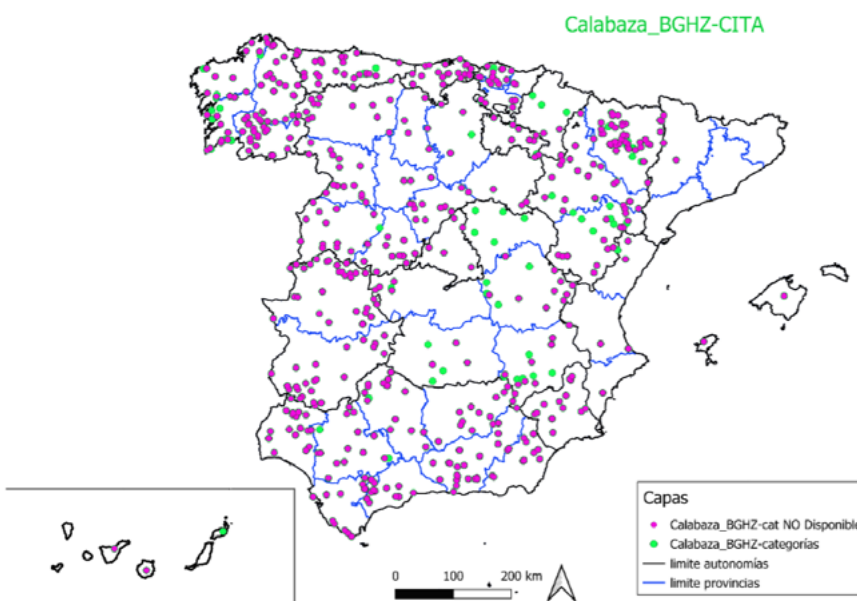


Figura 11. Distribución de las accesiones (acc.) de la colección de calabaza del BGHZ-CITA (993 acc.), según su disponibilidad: disponibles (128 acc.) y no disponibles (865 acc.).

La colección núcleo obtenida está formada por 104 accesiones, lo que supone el 10,5% del tamaño de la colección original. En la Figura 12 se muestra la distribución de esta colección en el mapa, según su disponibilidad.

Colección Núcleo Calabaza_BGHZ-CITA



Figura 12. Distribución de las accesiones (acc.) de la colección núcleo de calabaza del BGHZ-CITA (104 acc.), según su disponibilidad: disponibles (10 acc.) y no disponibles (94 acc.).

Interpretación de resultados y mejoras en la gestión de la colección nacional

La caracterización ecogeográfica revela el rango adaptativo de las especies conservadas y muestra los factores o variables ambientales más importantes para la adaptación. En este contexto, los sistemas de información geográfica, las herramientas relacionadas y el análisis ecogeográfico pueden ser útiles en una amplia gama de aplicaciones en la recolección, conservación, caracterización, documentación y utilización de los recursos fitogenéticos (Parra-Quijano et al., 2012).

En base a los resultados obtenidos, será prioritario para el banco garantizar la conservación y disponibilidad de las diferentes colecciones núcleo obtenidas para cada una de las especies. Debido a los recursos limitados de los bancos de germoplasma, cada campaña hay que priorizar las entradas a multiplicar o regenerar, y las colecciones nucleares ofrecen una oportunidad para, al menos, realizar una primera selección del material conservado.

En este caso práctico, por ejemplo, entre las 230 accesiones que no están disponibles en la colección de melón, y que por lo tanto necesitan ser cultivadas para su multiplicación y obtención de semillas con calidad y cantidad suficiente, podemos hacer un primer cribado y priorizar las 46 accesiones que forman parte de la colección núcleo y que además no están disponibles. A partir de esta primera selección, que reduce en un 80% el tamaño de la colección original que necesita ser multiplicada (pasando de 230 a 46 accesiones), se pueden utilizar otros criterios como la capacidad de germinación, la cantidad de semilla conservada o el año de colecta, priorizando las accesiones más antiguas y que presenten una menor germinación y cantidad de semilla conservada. Esto se puede ver reflejado en las Figuras 13 y 14 que representan las muestras disponibles y no disponibles en las colecciones originales y núcleos, donde se aprecia claramente su utilidad para priorizar las accesiones a regenerar al reducir considerablemente su número.



Por otro lado, la identificación de escenarios adaptativos no representados o poco representados en las colecciones originales pueden guiar nuevas colectas de material vegetal para su conservación en el banco, con el objetivo de disponer de una colección de accesiones que abarquen la mayor diversidad posible de escenarios.

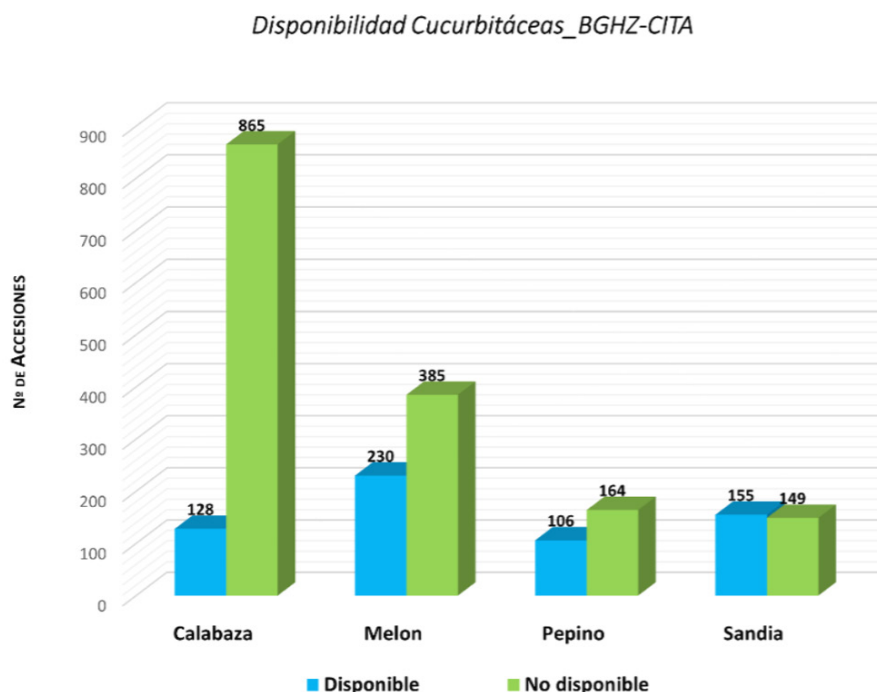


Figura 13. Disponibilidad de las colecciones de las cucurbitáceas conservadas en el Banco de Germoplasma Hortícola del CITA.

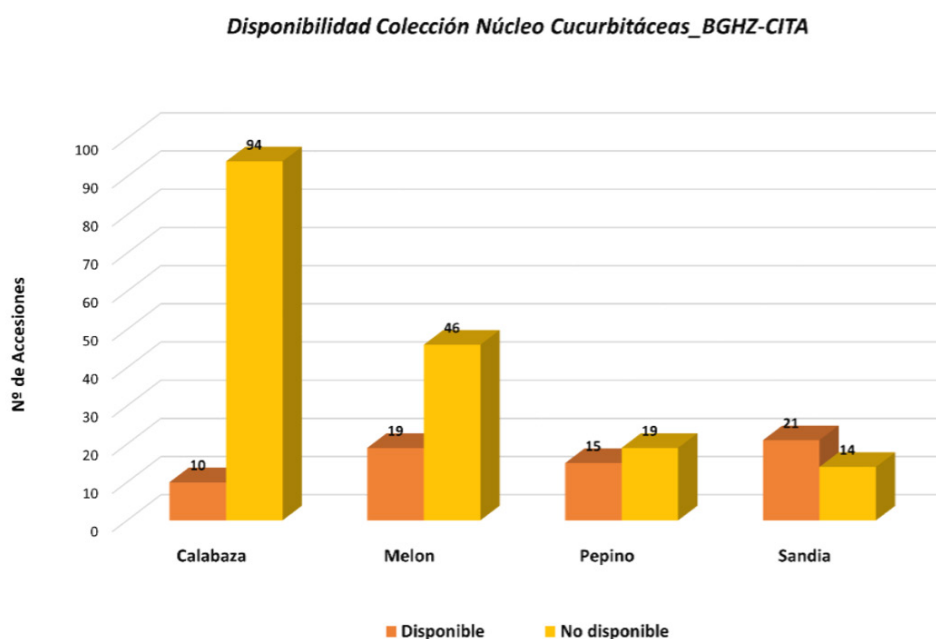


Figura 14. Disponibilidad de las colecciones núcleo de las cucurbitáceas conservadas en el Banco de Germoplasma Hortícola del CITA.

Colección de las accesiones de Aragón en el BGHZ-CITA

El Banco de Germoplasma Hortícola se encuentra ubicado en el Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria (CITA), un centro público de investigación que pertenece al Gobierno de Aragón. Dado su carácter regional, aunque en el banco se mantiene una colección nacional, se considera de interés trabajar con la colección aragonesa como paso previo para la valorización de los recursos fitogenéticos aragoneses.

De la misma forma que con la colección nacional, se han seleccionado las muestras aragonesas de la base de datos del banco de germoplasma y se ha representado en el mapa tanto la colección completa como la correspondiente colección núcleo de cada una de las cuatro especies de cucurbitáceas (Figuras 15 a 26). El procedimiento utilizado ha sido el mismo, pero en este caso, al decidir sobre el tamaño de la colección núcleo se consideran dos opciones, el 10% al igual que en las anteriores, y el 20%, ya que el número de accesiones que conforman las diferentes colecciones es considerablemente menor y se podría perder diversidad si la colección núcleo es demasiado pequeña.

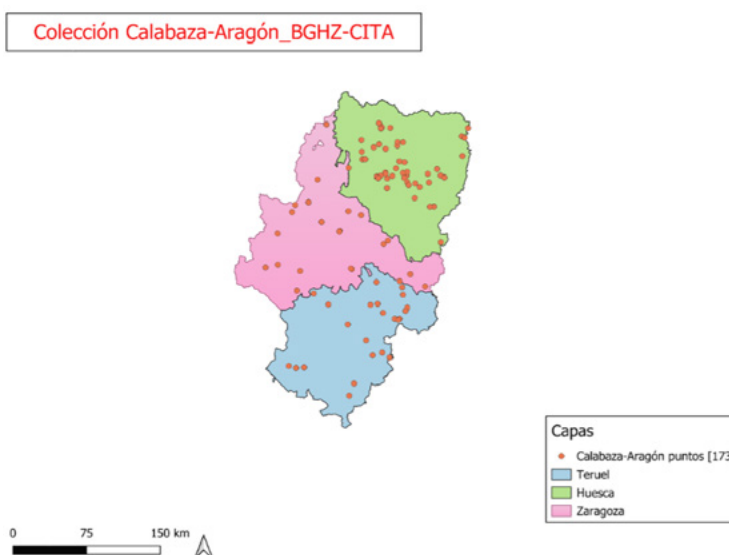


Figura 15. Distribución de la colección aragonesa de calabaza conservada en el BGHZ-CITA (173 accesiones).

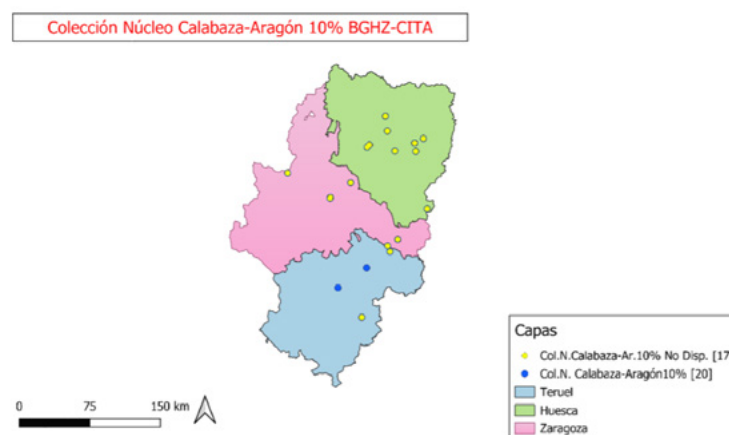


Figura 16. Distribución de las 37 accesiones (acc.) que conforman la colección núcleo aragonesa de calabaza del BGHZ-CITA (10%), según su disponibilidad: 20 acc. disponibles y 17 acc. no disponibles.

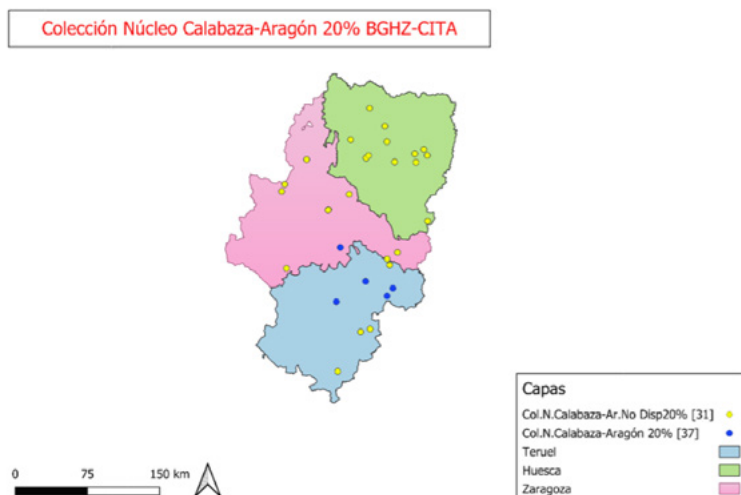


Figura 17. Distribución de las 68 accesiones (acc.) que conforman la colección núcleo aragonesa de calabaza del BGHZ-CITA (20%), según su disponibilidad: 37 acc. disponibles y 31 acc. no disponibles.

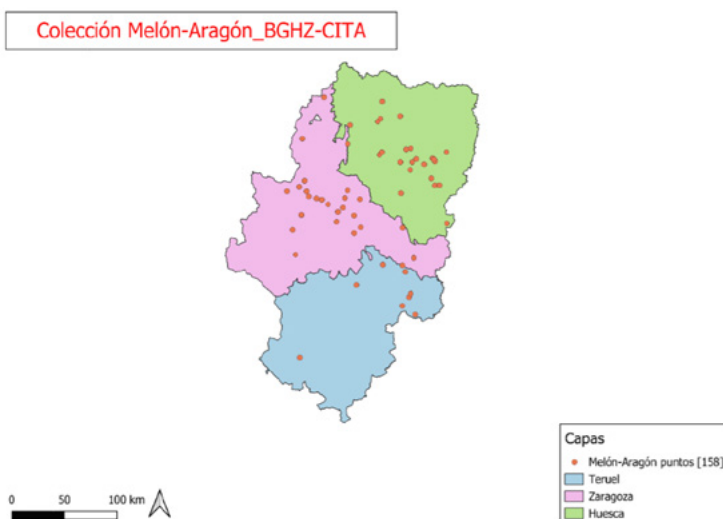


Figura 18. Distribución de la colección aragonesa de melón conservada en el BGHZ-CITA (158 accesiones).

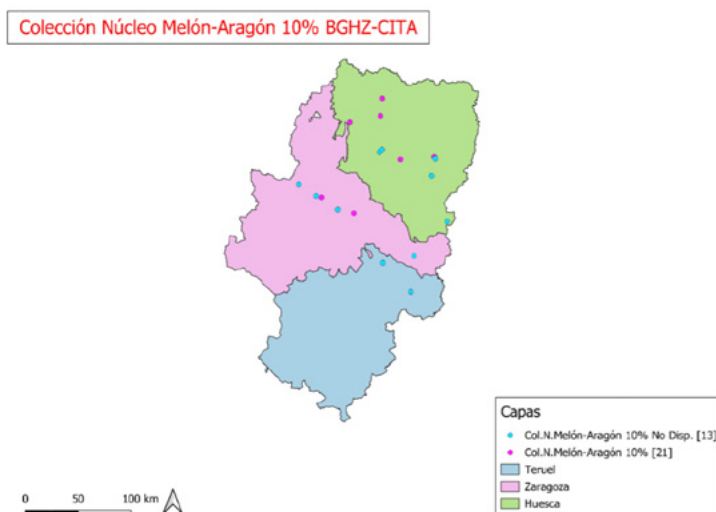


Figura 19. Distribución de las 34 accesiones (acc.) que conforman la colección núcleo aragonesa de melón del BGHZ-CITA (10%), según su disponibilidad: 21 acc. disponibles y 13 acc. no disponibles.

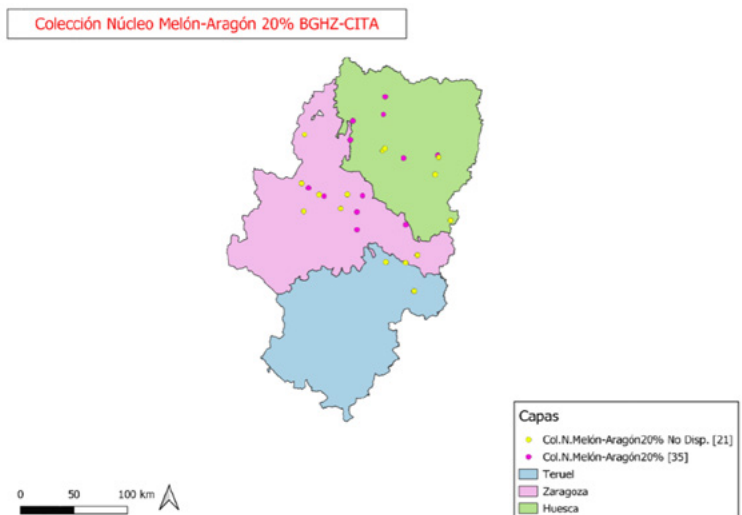


Figura 20. Distribución de las 56 accesiones (acc.) que conforman la colección núcleo aragonesa de melón del BGHZ-CITA (20%), según su disponibilidad: 35 acc. disponibles y 21 acc. no disponibles.

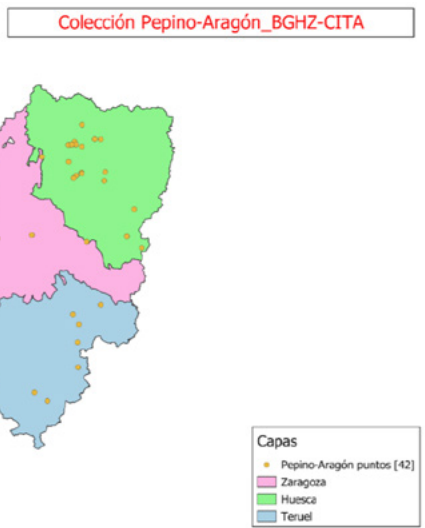


Figura 21. Distribución de la colección aragonesa de pepino conservada en el BGHZ-CITA (42 accesiones).

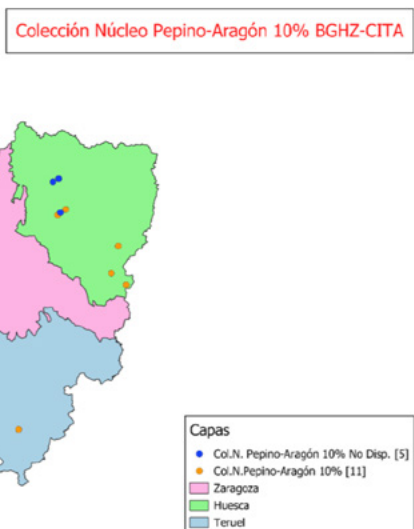


Figura 22. Distribución de las 16 accesiones (acc.) que conforman la colección núcleo aragonesa de pepino del BGHZ-CITA (10%), según su disponibilidad: 11 acc. disponibles y 5 acc. no disponibles.

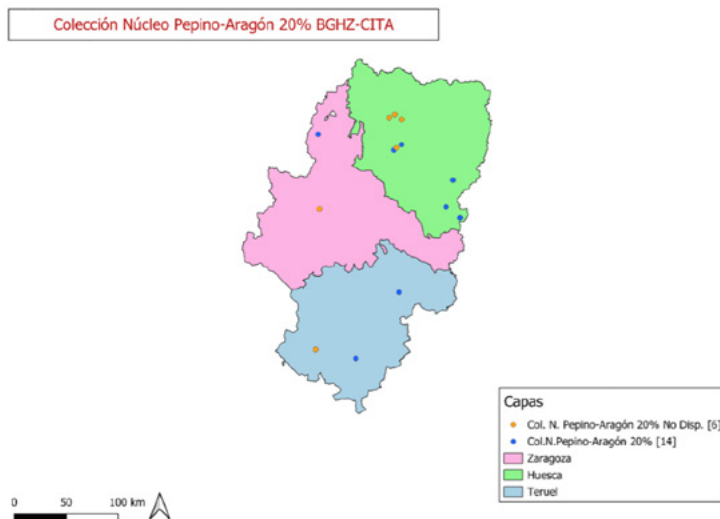


Figura 23. Distribución de las 20 accesiones (acc.) que conforman la colección núcleo aragonesa de pepino del BGHZ-CITA (20%), según su disponibilidad: 14 acc. disponibles y 6 acc. no disponibles.

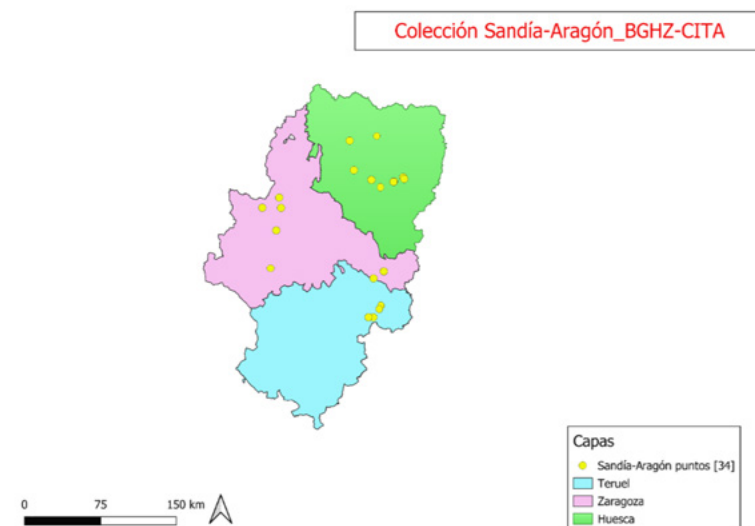


Figura 24. Distribución de la colección aragonesa de sandía conservada en el BGHZ-CITA (34 accesiones).

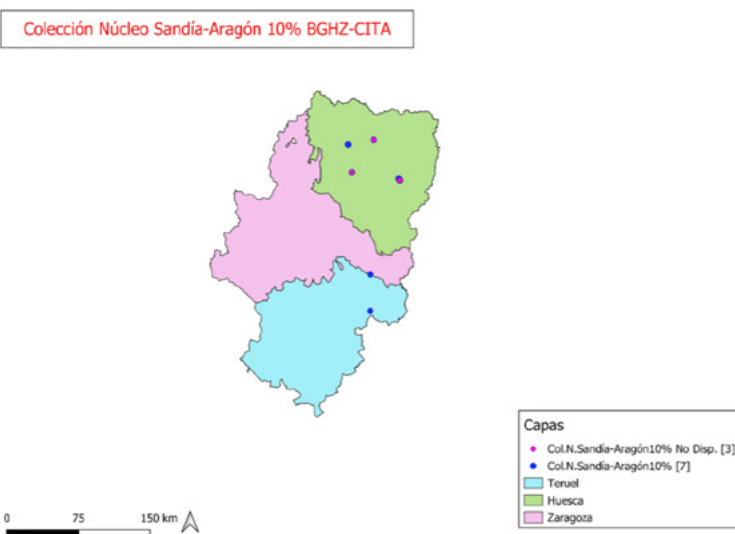


Figura 25. Distribución de las 10 accesiones (acc.) que conforman la colección núcleo aragonesa de sandía del BGHZ-CITA (10%), según su disponibilidad: 7 acc. disponibles y 3 acc. no disponibles.

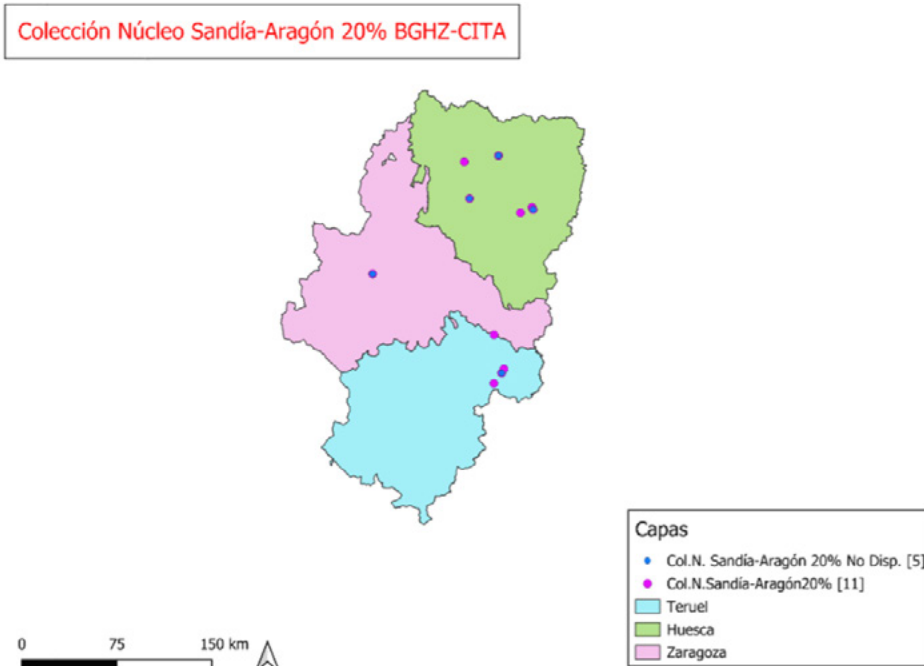


Figura 26. Distribución de las 16 accesiones (acc.) que conforman la colección núcleo aragonesa de sandía del BGHZ-CITA (20%), según su disponibilidad: 11 acc. disponibles y 5 acc. no disponibles.

Así mismo, se presentan las gráficas obtenidas con los datos de disponibilidad de los cuatro cultivos para tener una visión general sobre la utilidad de obtener las colecciones núcleo (10% y 20%) y su aplicabilidad para la priorización de las accesiones que requieren multiplicación (Figuras 27, 28 y 29).

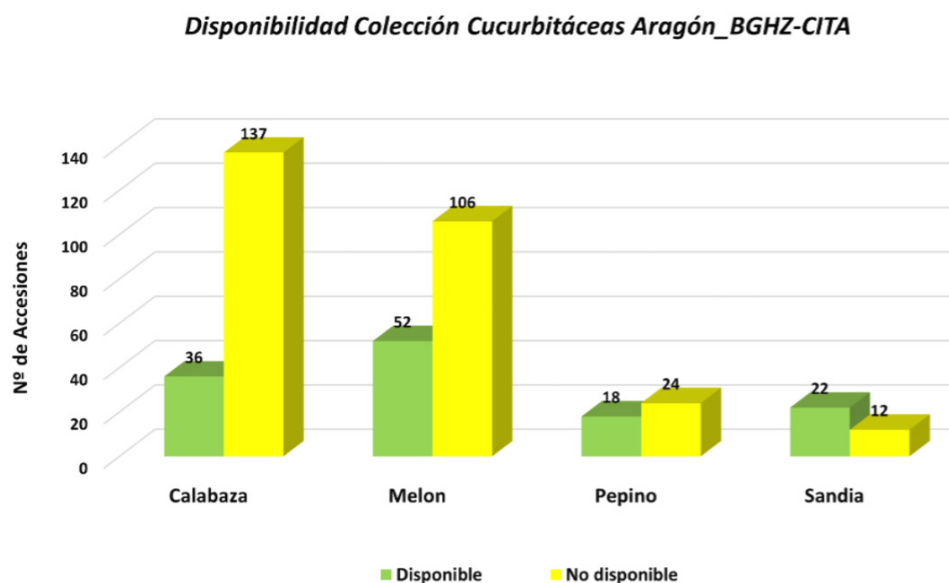


Figura 27. Disponibilidad de las colecciones de cucurbitáceas de Aragón conservadas en el BGHZ-CITA.



Disponibilidad Colección Núcleo Cucurbitáceas Aragón_BGHZ-CITA 10%

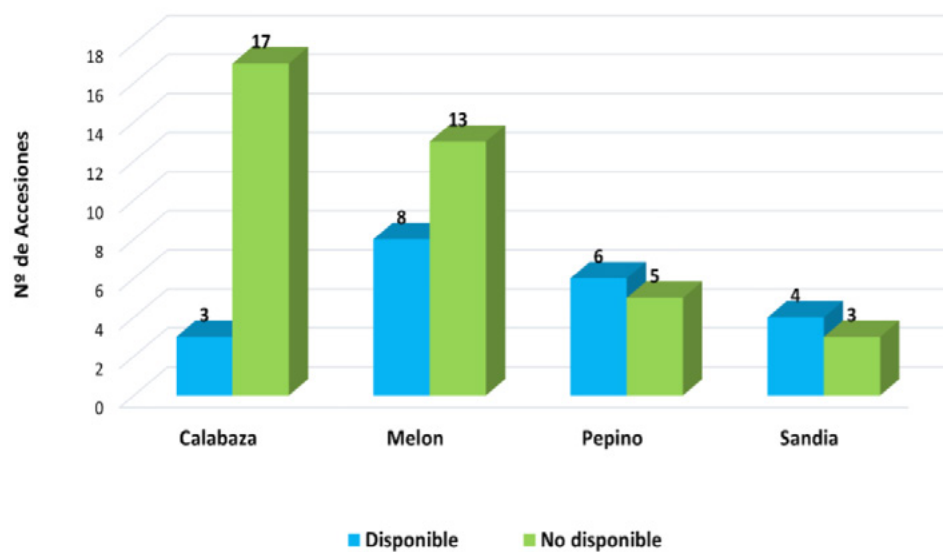


Figura 28. Disponibilidad de las colecciones núcleo de cucurbitáceas de Aragón (10 %) conservadas en el BGHZ-CITA.

Disponibilidad Colección Núcleo Cucurbitáceas Aragón_BGHZ-CITA 20%

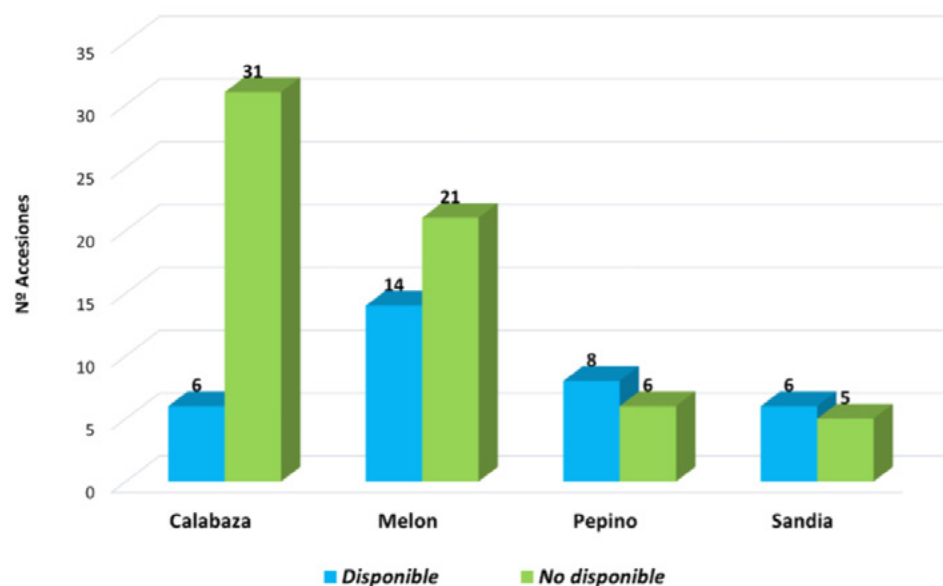


Figura 29. Disponibilidad de las colecciones núcleo de cucurbitáceas de Aragón (20 %) conservadas en el BGHZ-CITA.

Mejoras en la gestión de la colección de Aragón conservada en el BGHZ-CITA

La información resultante de la aplicación del procedimiento posibilita la implementación de mejoras en las diferentes actividades del banco de germoplasma, tal y como se detalla a continuación.

Recolección

Los resultados obtenidos nos permiten identificar regiones ecogeográficas no representadas en las colecciones. Futuras misiones de colecta de material vegetal se pueden llevar a cabo en estas zonas.

Multiplificación

Según los resultados obtenidos, se priorizará la multiplicación de las accesiones de las colecciones núcleo que actualmente no están disponibles, para maximizar la diversidad de la representación ecogeográfica de las muestras disponibles en el banco.

Una vez obtenidas las colecciones núcleo, se pueden consultar los datos de pasaporte en la base de datos del banco de germoplasma. Debido a la alogamia de las especies en estudio, en nuestro banco de germoplasma se tiene una capacidad de multiplicación de cinco accesiones anuales de cucurbitáceas. Estas muestras se cultivan aisladas espacialmente unas de otras en cinco parcelas diferentes, en cada una de ellas se cultiva una sola accesión de cada especie para evitar cruzamientos no deseados. Si consideramos la colección núcleo de sandía al 20% tenemos que hay 6 accesiones disponibles y 5 no disponibles, por lo tanto, en la próxima campaña se regenerarán las 5 accesiones que no están disponibles, a partir de la semilla de la colecta original conservada. En la Tabla 3 se presenta una selección de los datos de pasaporte de estas entradas, concretamente: los códigos en el banco de germoplasma y en el inventario nacional, los datos de origen de la zona de colecta y la disponibilidad de las accesiones de las diferentes colecciones núcleo generadas. Según estos datos las accesiones NC104728, NC100305, NC073376, NC100302, NC110436 serían las seleccionadas para su multiplicación. Sin embargo, para el caso del pepino, nos resulta mejor utilizar la colección núcleo del 10%, ya que en este caso hay 5 accesiones no disponibles que serán las seleccionadas para su multiplicación en la próxima campaña (Figura 28).

Tabla 3. Selección de datos de pasaporte de la colección núcleo aragonesa de sandía del BGHZ-CITA (10%)

N	Código Banco Germoplasma	Código Inventario Nacional	Nombre local	Origen			Disponibilidad
				Provincia	Municipio	Comarca	
1	BGHZ7176	NC037698	Calabaza para mermelada	Teruel	Beceite	Matarraña	Disponible
2	BGHZ6378	NC110435	Sandía	Zaragoza	Fabara	Bajo Aragón-Caspe	Disponible
3	BGHZ5571	NC103770	Melón de agua	Teruel	La Codoñera	Bajo Aragón	Disponible
4	BGHZ6558	NC104727	Sandía melonera	Huesca	Barbastro	Somontano de Barbastro	Disponible
5	BGHZ7280	NC113815	Sandía	Huesca	Estada	Somontano de Barbastro	Disponible
6	BGHZ5991	NC104724	Del terreno	Huesca	Campo	La Ribagorza	Disponible
7	BGHZ4938	NC104728	Capellanero	Teruel	Torrevelilla	Bajo Aragón	No disponible
8	A-CI-4	NC100305	Sandía	Zaragoza	Lumpiaque	Valdejalón	No disponible
9	BGHZ2354	NC073376	Sandía del terreno	Huesca	Boltaña	Sobrarbe	No disponible
10	A-CI-1	NC100302	Sandía	Huesca	Quicena	Hoya de Huesca	No disponible
11	BGHZ6379	NC110436	Sandietta	Huesca	Estadilla	Somontano de Barbastro	No disponible



Caracterización

La información asociada a las muestras, en nuestro caso de semillas, conservadas en un banco de germoplasma agregan valor a la colección. Sin embargo, no siempre está disponible esta información de caracterización primaria. La identificación de las muestras de la colección núcleo que no disponen de los datos de esta caracterización primaria puede servir de base para priorizar su estudio.

Utilización

La información ambiental de los sitios de recolección, como la que ofrece la caracterización ecogeográfica, puede ayudar a revelar el rango adaptativo de las especies conservadas, a la vez que sirve para detectar los factores ambientales más importantes en términos de adaptación (Parra-Quijano, 2012). De este modo, la información ecogeográfica asociada a cada accesión conservada en el banco contribuye a la optimización de la utilización de la colección por parte de los usuarios del BGHZ-CITA. Por ejemplo, un usuario que busca rasgos de adaptación a determinadas condiciones climáticas puede utilizar la información ecogeográfica con el fin de seleccionar las accesiones de interés para su estudio.

Fichas de apoyo a la ejecución del procedimiento

Rosa Gómez-Báguena,
Mónica Guillén,
M.ª Auxiliadora Casterad

FICHA 1: Conversión de coordenadas latitud y longitud de formato sexagesimal a otros formatos

Ejemplo: Tabla Excel *sandía.xlsx*

OPCIÓN A) A formato Latitud GG°MM'SS"Letra Longitud GGG°MM'SS"Letra

Crear dos columnas nuevas. En nuestro ejemplo Latitud_Y Longitud_X

- *Fórmula para dar formato a la latitud*

=EXTRAE(\$Y2;1;2)&"°"&EXTRAE(\$Y2;3;2)&"'"&EXTRAE(\$Y2;5;2)&"'"&EXTRAE(\$Y2;7;1)

	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC	AD	A	
1	REGI	PROVINCIA	MUNICIPIO	LOCALIDAD	LATITUD	LONGITUD	Latitud_Y	Longitud_X	Altitud	TIPO_MATERI	FUENTI
2	La Ma	Guadalajara	Malaga del Fr	404726N	0031444W	40°47'26"N	003°14'44"W	779	300	22	
3	La Ma	Guadalajara	Malaga del Fr	404726N	0031444W	40°47'26"N	003°14'44"W	779	300	22	
4	La Ma	Guadalajara	Tendilla	403241N	0025727W	40°32'41"N	002°57'27"W	789	300	26	

- *Fórmula para dar formato a la longitud*

=EXTRAE(\$Z2;1;3)&"°"&EXTRAE(\$Z2;4;2)&"'"&EXTRAE(\$Z2;6;2)&"'"&EXTRAE(\$Z2;8;1)

	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC	AD	A	
1	REGI	PROVINCIA	MUNICIPIO	LOCALIDAD	LATITUD	LONGITUD	Latitud_Y	Longitud_X	Altitud	TIPO_MATERI	FUENTI
2	La Ma	Guadalajara	Malaga del Fr	404726N	0031444W	40°47'26"N	003°14'44"W	779	300	22	
3	La Ma	Guadalajara	Malaga del Fr	404726N	0031444W	40°47'26"N	003°14'44"W	779	300	22	
4	La Ma	Guadalajara	Tendilla	403241N	0025727W	40°32'41"N	002°57'27"W	789	300	26	

Nota: Hay que eliminar de la Excel, las celdas que por no tener coordenadas aparecerían como 0'''.

	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC	AD	A
75	Murcia	Beniel	El Mojon	380137N	0005845W	38°01'37"N	000°58'45"W	42	300	21
76	Barcelona					0'''	0'''		300	21
77	Barcelona					0'''	0'''		300	
78	Barcelona					0'''	0'''		300	



OPCIÓN B) A formato decimal: Latitud GG,GGGG Longitud GGG,GGGG

Crear dos columnas nuevas. En nuestro ejemplo DecLatitud DecLongitud.

Transformar las unidades de medida de las coordenadas al sistema decimal según la siguiente fórmula.

$$\text{Grados decimales} = \text{Grados} + \left(\frac{\text{minutos} \times 100}{60} + \frac{\text{segundos} \times 100}{3600} \right) / 100$$

Con signo negativo según sea sur en el caso de Latitud u oeste en el caso de la Longitud

- *Fórmula para dar formato a la latitud*

La *latitud* consta de 7 caracteres (grados: 2 dígitos, minutos: 2 dígitos y segundos: 2 dígitos) seguidos de la dirección norte (N) o sur (S).

=SI(EXTRAE(\$Y2;7;1)="N";EXTRAE(\$Y2;1;2)+((EXTRAE(\$Y2;3;2)*100/60)+(EXTRAE(\$Y2;5;2)*100/3600))/100;(EXTRAE(\$Y2;1;2)+((EXTRAE(\$Y2;3;2)*100/60)+(EXTRAE(\$Y2;5;2)*100/3600))/100)*-1

	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC	AD
1	PROVINCIA	MUNICIPIO	LOCALIDAD	LATITUD	LONGITUD	DecLatitud	DecLongitud	Altitud	TIPO_MATER_FUEI
2	Guadalajara	Malaga del F		404726N	0031444W	40.7905556	-3.24555556	779 300	22
3	Guadalajara	Malaga del F		404726N	0031444W	40.7905556	-3.24555556	779 300	22
4	Guadalajara	Tendilla		403241N	0025727W	40.5447222	-2.9575	789 300	26

- *Fórmula para dar formato a la longitud*

La *longitud* tendrá 8 caracteres (grados: 3 dígitos, minutos: 2 dígitos y segundos 2 dígitos) y la dirección Este (E) u Oeste (W) según sea el caso.

=SI(EXTRAE(\$Z2;8;1)="E";EXTRAE(\$Z2;1;3)+((EXTRAE(\$Z2;4;2)*100/60)+(EXTRAE(\$Z2;6;2)*100/3600))/100;(EXTRAE(\$Z2;1;3)+((EXTRAE(\$Z2;4;2)*100/60)+(EXTRAE(\$Z2;6;2)*100/3600))/100)*-1



	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC	AD
1	PROVINCIA	MUNICIPIO	LOCALIDAD	LATITUD	LONGITUD	DecLatitud	DecLongitud	Altitud	TIPO_MATER_FUEI
2	Guadalajara	Malaga del F		404726N	0031444W	40.7905556	-3.24555556	779 300	22
3	Guadalajara	Malaga del F		404726N	0031444W	40.7905556	-3.24555556	779 300	22
4	Guadalajara	Tendilla		403241N	0025727W	40.5447222	-2.9575	789 300	26

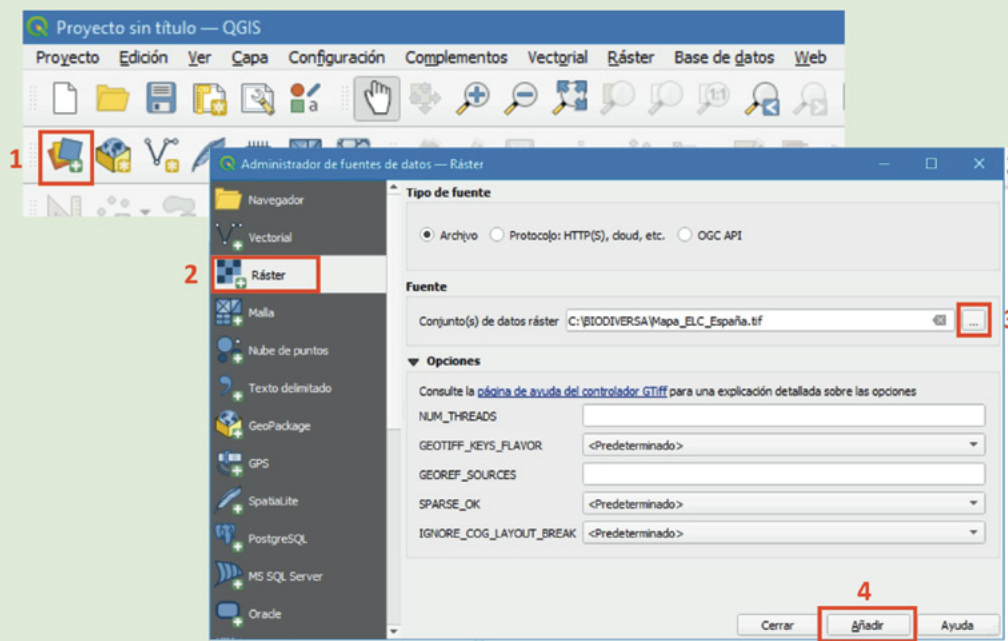
Nota: Hay que eliminar de la Excel, las celdas que por no tener coordenadas aparecerían como #¡VALOR!.

	J	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC	AD
1	PROVINCIA	MUNICIPIO	LOCALIDAD	LATITUD	LONGITUD	DecLatitud	DecLongitud	Altitud	TIPO_MATER_FUEI	
2	Murcia	Beniel	El Mojon	380137N	0005845W	38.0269444	-0.97916667	42 300		
3	Barcelona					#¡VALOR!	#¡VALOR!	300		
4	Barcelona					#¡VALOR!	#¡VALOR!	300		

FICHA 2: Visualización del mapa ecogeográfico de Lizana (2021) con QGIS

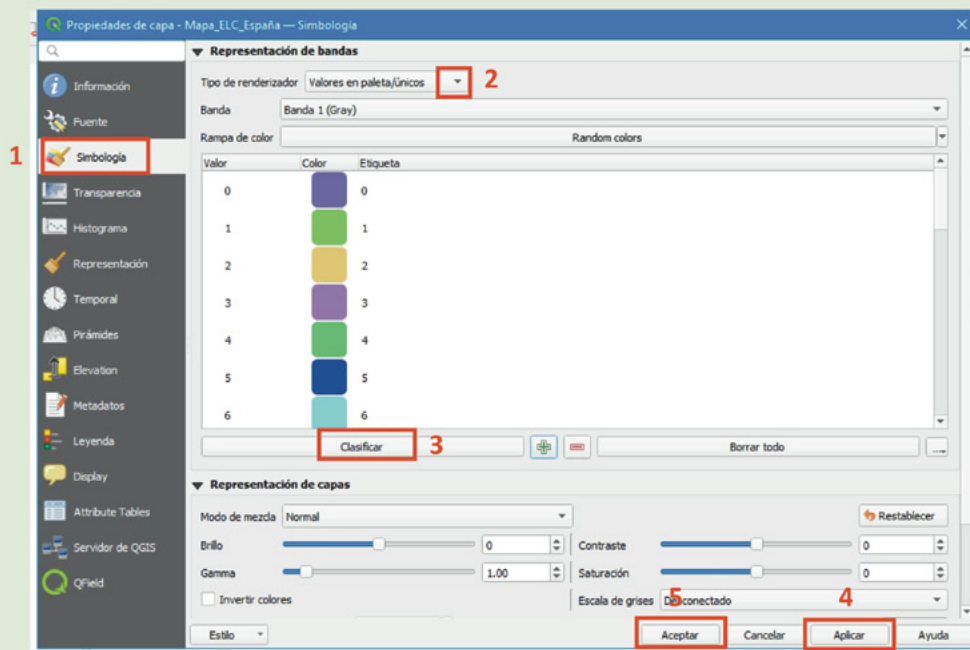
Paso 1.- Añadir la capa raster al SIG

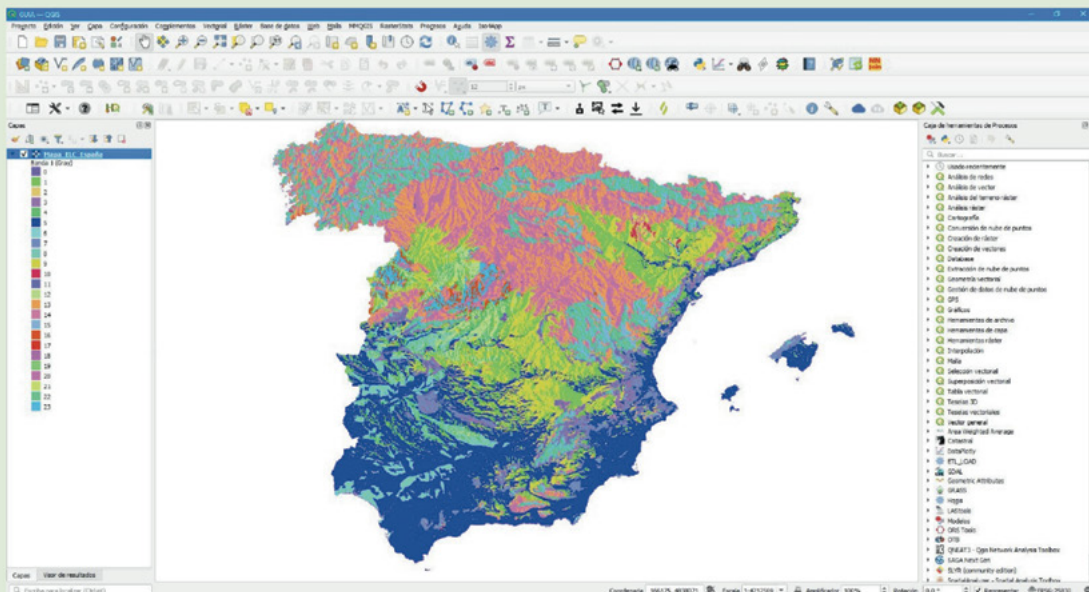
Hacer clic en  para abrir el Administrador de fuentes de datos, seleccionar Ráster y hacer clic en  para abrir el explorador de archivos. Buscar el mapa ELC o el mapa con el que prefiera trabajar y hacer clic en añadir.




Paso 2.- Asignar una paleta de colores

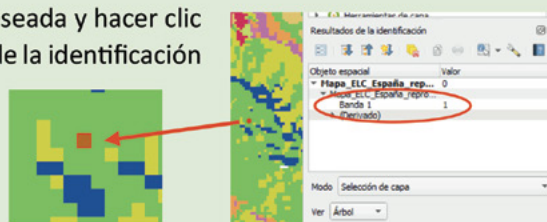
Inicialmente el mapa aparece en tonos grises. Se le asigna color haciendo clic con el botón derecho del ratón sobre la capa. Ir a Propiedades → Simbología → Tipo de renderizador → Valores de paleta/únicos → Clasificar → Aplicar → Aceptar.





Paso 3.-Identificar la categoría ecogeográfica en una localización

Clicar sobre  y mover el ratón a la posición deseada y hacer clic sobre ella. Se mostrará en el panel de Resultados de la identificación el valor del píxel.



Nota: Se puede ver la información del ráster, como tamaño del píxel, sistema de coordenadas, bandas que lo componen, mirando sus propiedades como en el paso 2, y haciendo clic en Información





FICHA 3: Creación de una capa vectorial de accesiones desde un archivo Excel con sus coordenadas utilizando QGIS

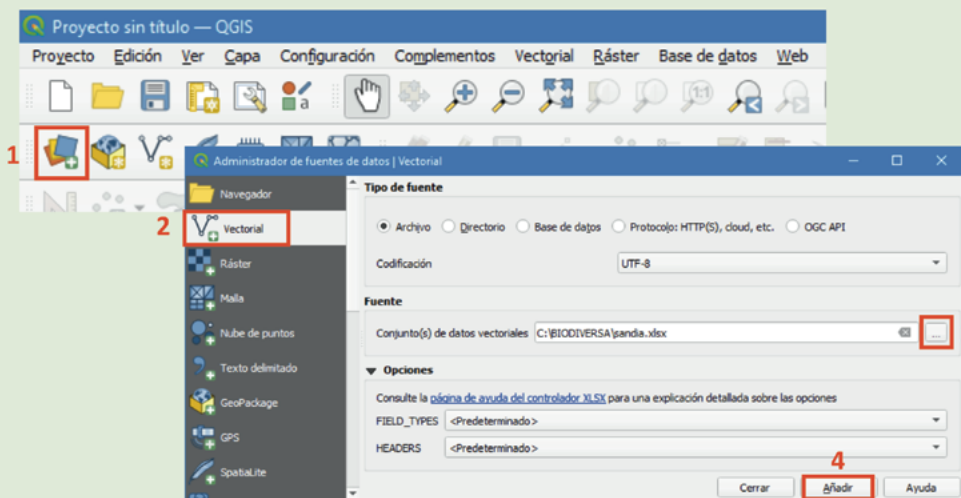
Ejemplo: Tabla Excel *sandia.xlsx*

OPCIÓN A) Directamente desde un archivo Excel con las coordenadas en formato decimal

Paso 1.- Crear una capa vectorial sin geometría con la base de datos Excel

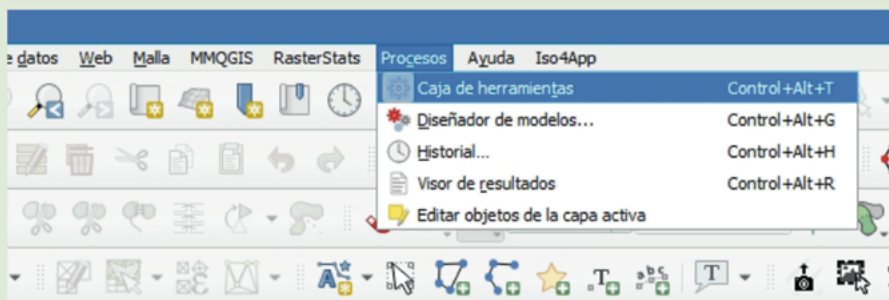
Abrir el Administrador de fuentes de datos , seleccionar Vector y hacer clic en . Seleccionar la opción: Todos los archivos (*), para que se muestren los archivos con extensión “.xls” o “.xlsx”. Buscar el archivo Excel con las coordenadas transformadas en formato decimal, se selecciona y se añade.

Al panel de capas se habrá añadido una capa sin geometría.




Paso 2.- Dotar de geometría a la capa

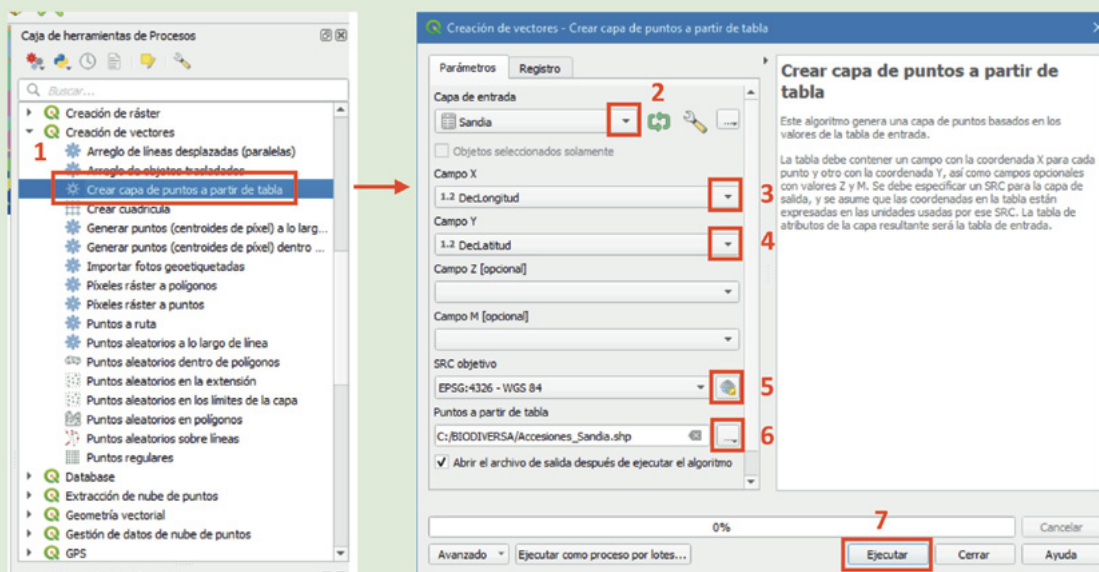
Crear la geometría de puntos de esta capa a partir de las coordenadas XY de la tabla de atributos que se acaba de añadir. Para ello, abrir “Caja de herramientas de Procesos” que se encuentra en la pestaña Procesos → Caja de herramientas.



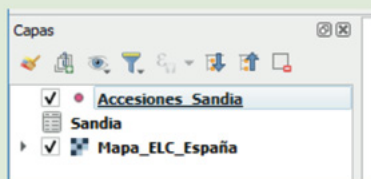
Desplegar los algoritmos del grupo “Creación de Vectores” y seleccionar el algoritmo “Crear capa de puntos a partir de tabla”. Este algoritmo crea una capa de puntos a partir de una tabla de atributos con columnas que contienen campos de valores, además de las coordenadas X e Y. Seleccionar la capa de entrada que en este caso será la de las sandías, añadida anteriormente. En el campo X se selecciona la columna DecLongitud, y en el campo Y se selecciona la columna DecLatitud que se han creado anteriormente con las coordenadas en unidades decimales (ver FICHA 1 OPCIÓN B).



El sistema de referencia de coordenadas (SRC objeto) es EPSG:4326 - WGS84. Que buscaremos haciendo clic en . Guardaremos la capa como archivo SHP y así evitaremos que nos cree una capa temporal.



Hacer clic en Ejecutar y cuando en la barra salga “complete” cerrar y se añade la capa de puntos a la tabla de contenidos de QGIS.





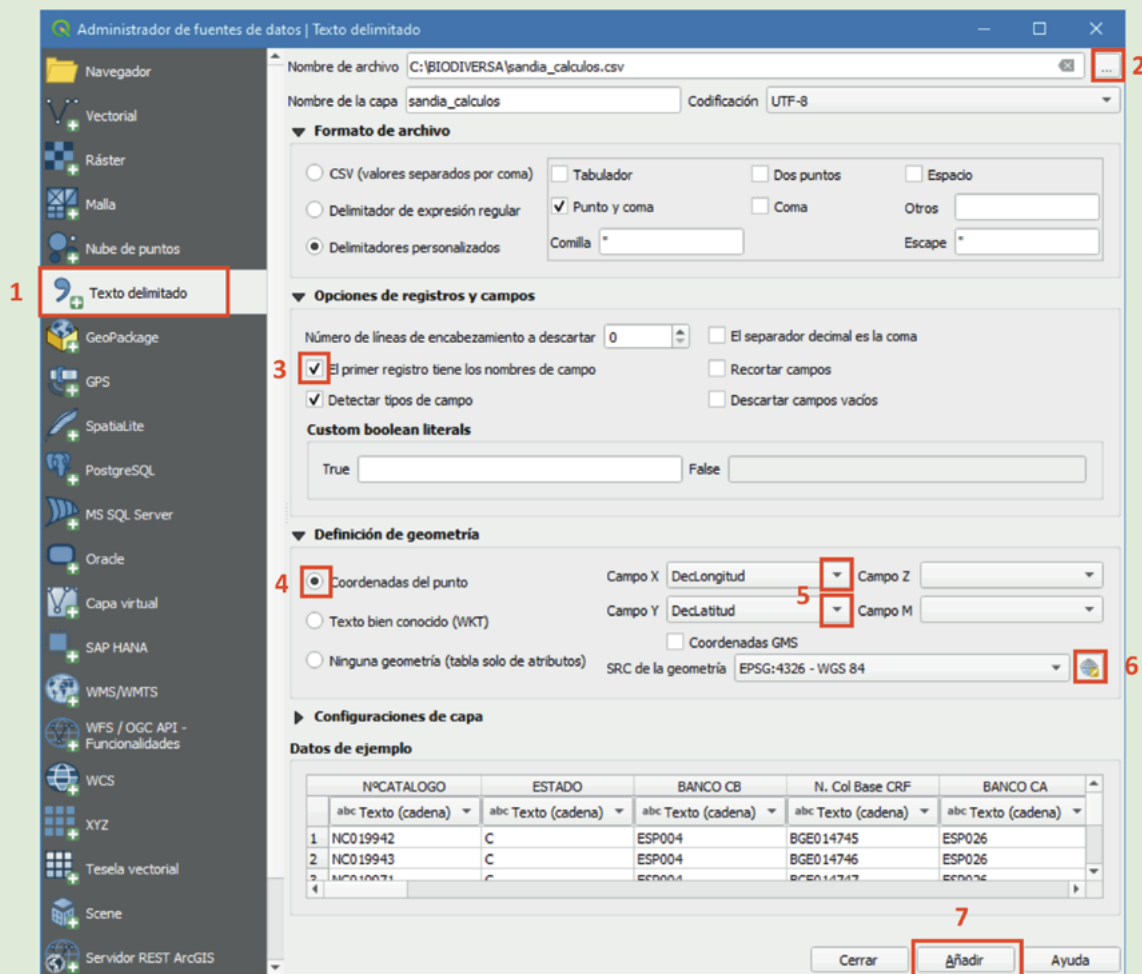
OPCIÓN B) Desde Archivo CSV con Coordenadas en formato GG°MM'SS"Letra o formato decimal ±GG,GGGG

Paso 1.- Guardar el archivo *sandia.xlsx* con el formato de las coordenadas elegido, (ver FICHA1), como archivo CSV (delimitado por comas).

Observación: En Excel hay un formato CSV UTF-8 (delimitado por comas) que es completamente compatible con QGIS. Otros formatos CSV tienen el problema de que la letra Ñ, acentos y símbolos no se muestran correctamente.

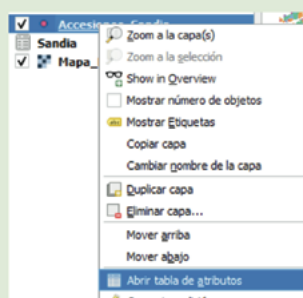
Paso 2. Añadir capa a QGIS.

En el Administrador de fuentes de datos , seleccionar Texto delimitado. Hacer clic en  y buscar el archivo CSV. Por lo general detecta automáticamente el formato del archivo. Indicar que el primer registro tiene los nombres de campo. Lo más importante es la definición de geometría, donde le diremos que son coordenadas de punto, en qué campos tenemos las coordenadas X e Y, el sistema de coordenadas en el que están. Si las coordenadas están en formato GG°MM'SS"Letra, debe activarse el cuadro (Coordenadas GMS).





En todos los casos, si clicamos sobre la capa que se ha creado con el botón derecho del ratón y seleccionar la opción “Abrir tabla de atributos”, podemos comprobar que contiene todas las entradas. Incluidas las que no tenían coordenadas. Las celdas que no tienen valor, es decir, las que estaban vacías, aparecen como NULL.



ID	LOCALIDAD	LATITUD	LONGITUD	Dec.Longitud	Dec.Latitud	Altitud	TIPO_MATERIAL
72	NULL	410848N	0004920E	0.822222222222...	41.146666666666...	363	300
73	Vera	400340N	0054521W	-5.75583333333...	40.061111111111...	561	300
74	El Mojón	380137N	0005845W	-0.979166666666...	38.026944444444...	42	300
75	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	300
76	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	300
77	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	300

FICHA 4: Reproyección de una capa ráster a un sistema de coordenadas determinado con QGIS

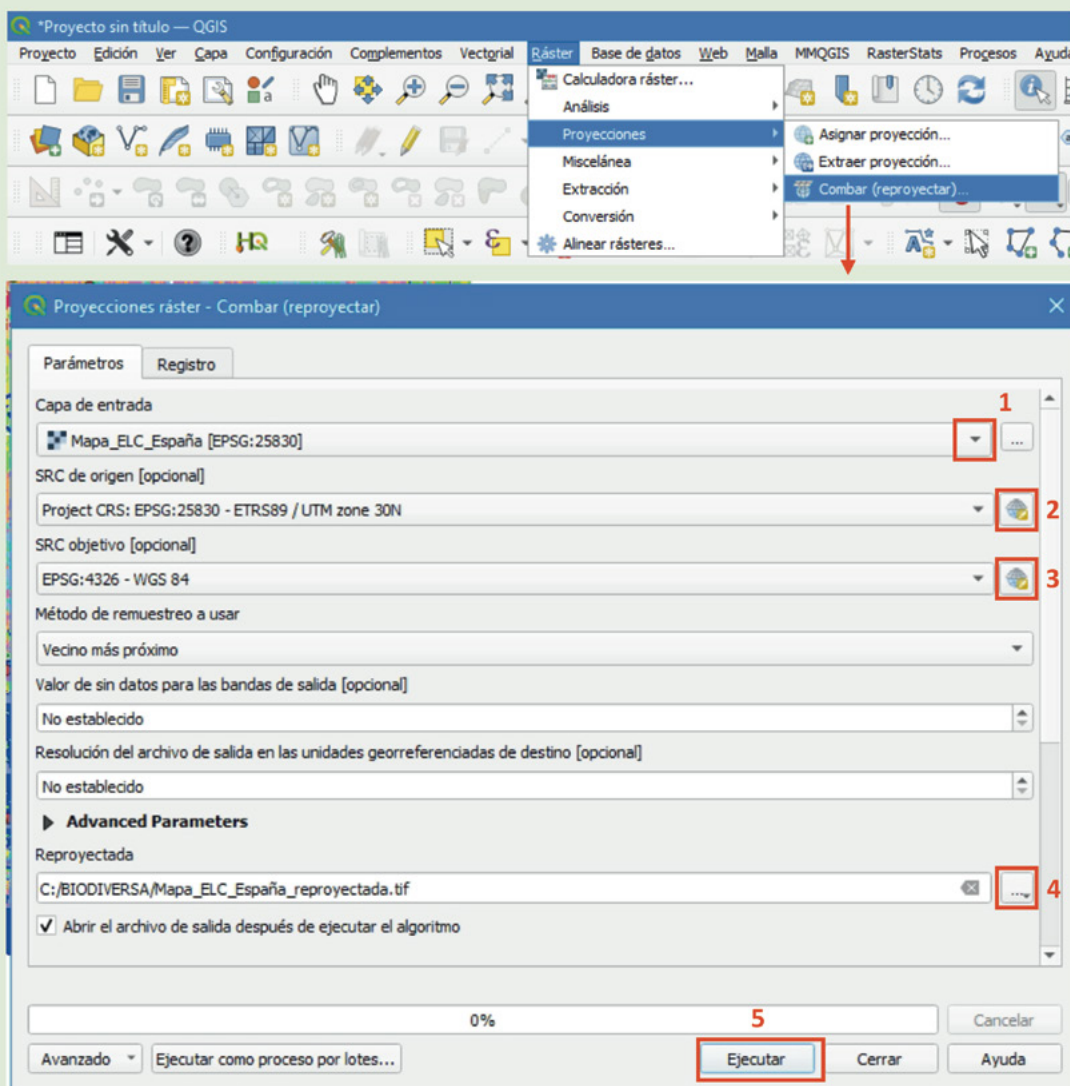
Ejemplo: Mapa de caracterización ecogeográfica (Mapa_ELC_España.tif)

Paso 1.- Añadir la capa al SIG como está indicado en la FICHA 2

Paso 2.- Reproyectar

Existen tres maneras de llegar a la herramienta. **1.-** En la caja de herramientas ir a GDAL → Proyecciones ráster → Combar (reproyectar). **2.-** Buscar en la Caja de herramientas de Procesos ‘reproyectar’ y nos mostrará las herramientas coincidentes. **3.-** A través del menú Ráster → Proyecciones encontramos la misma herramienta Combar(reproyectar).

Indicar el Mapa ráster, el sistema de coordenadas que tiene el mapa original (EPSG: 25830 - ETRS89 / UTM zone 30N) y el sistema de coordenadas al que se quiere reproyectar que en este caso será EPSG:4326 - WGS84. Guardar a archivo y Ejecutar.



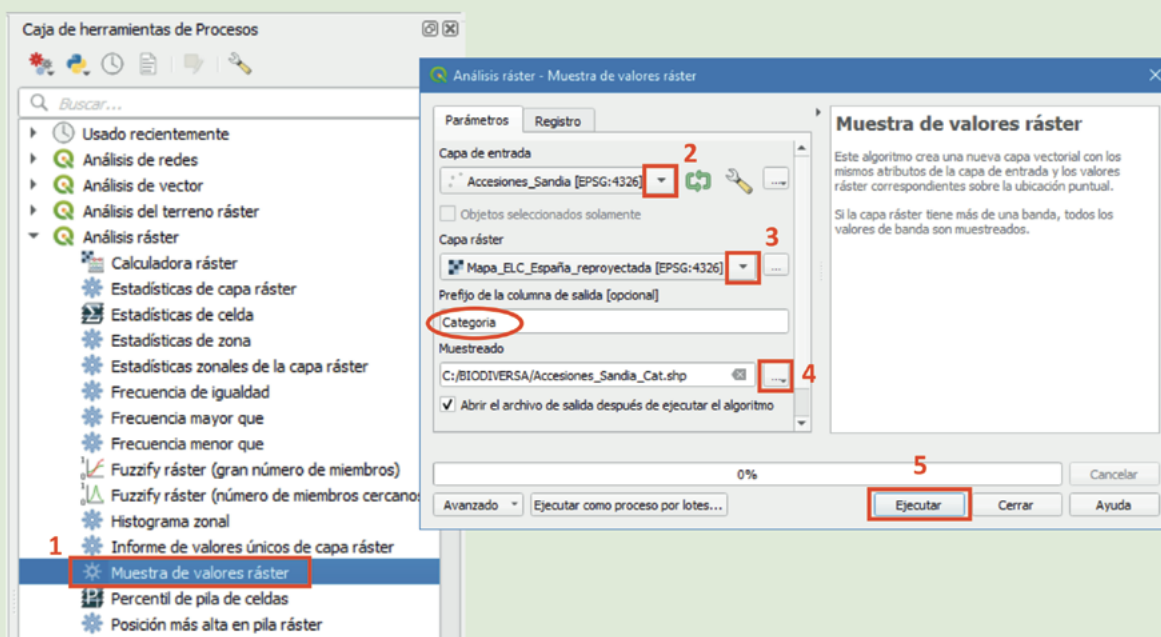


FICHA 5: Incorporación de la caracterización ecogeográfica a un mapa de accesiones con QGIS

Ejemplo: Mapa_ELC_España_reproyectada.tif, creado en la FICHA 4 y Accesiones_Sandia.shp creada en la FICHA 3.

Tener en QGIS cargado el mapa ecogeográfico y la capa de puntos con las accesiones.

Seleccionar en la Caja de herramientas → Análisis ráster → Muestra de valores ráster. Aparece una ventana donde en Capa de entrada se selecciona la capa de puntos. En Capa ráster será la reproyectada y en Prefijo columna (sample-1) se cambia el nombre a Categoría que aparecerá después en la última columna de la tabla de atributos. Guardaremos en formato SHP.



Nota: Si se abre la tabla de atributos de la capa creada, se puede ver que se ha añadido al final el campo Categoría1.

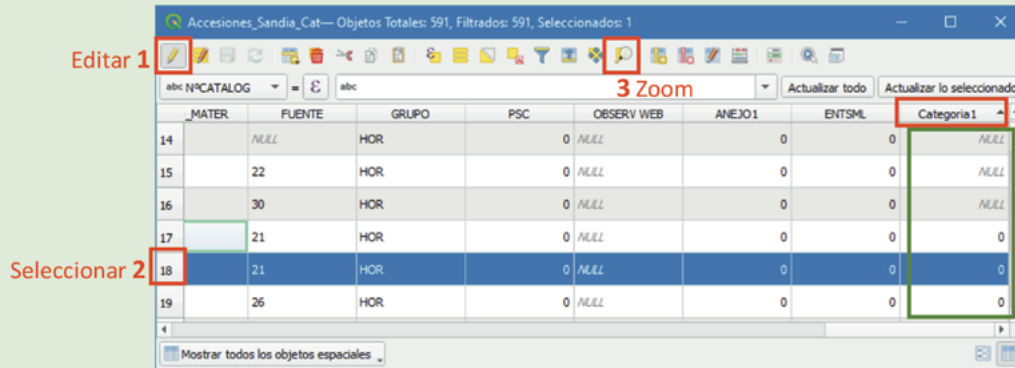
_MATER	FUENTE	GRUPO	PSC	OBSERV WEB	ANEJO1	ENTSML	Categoría1
1	22	HOR		0	NULL	0	20.000000000000...
2	22	HOR		0	NULL	0	20.000000000000...
3	26	HOR		0	NULL	0	20.000000000000...
4	26	HOR		0	NULL	0	0000000000000000
5	26	HOR		0	NULL	0	0000000000000000

FICHA 6: Revisión de la localización de las accesiones y reubicación.

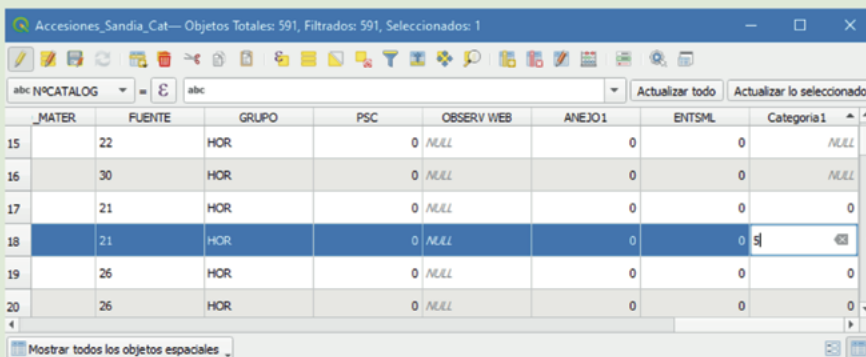
Ejemplo: Accesiones_Sandia_Cat.shp creada en la FICHA 5.

Para ello, abrir la tabla de atributos de la capa de sandia, y la última columna que aparece, será la de las Categorías. Al hacer clic sobre ella, se ordenarán los datos de menor a mayor categoría.

Primero vemos que se encuentran los puntos de categoría NULL, que en nuestro ejemplo coinciden con las accesiones que no tienen coordenadas. Seguidamente se encuentran las de categoría 0.



Para corregirlos de forma manual hacer clic sobre Edición (conmutar el modo edición). Marcar la accesión a corregir, pulsando en el número de accesión (en el ejemplo se ven de la 14 a la 19) y luego a la lupa. Se habrá ampliado en el mapa su situación, y resaltada en color amarillo. Con la herramienta mover objeto, pinchar en la accesión donde está y luego donde se quiere que esté y mirar qué categoría le corresponde (ver Paso 3 de la FICHA 2) para cambiarla en la tabla de atributos.



Una vez corregidas, guardar los cambios y dejar de editar volviendo a hacer clic en .

Nota: Las coordenadas en la tabla de atributos no cambian.

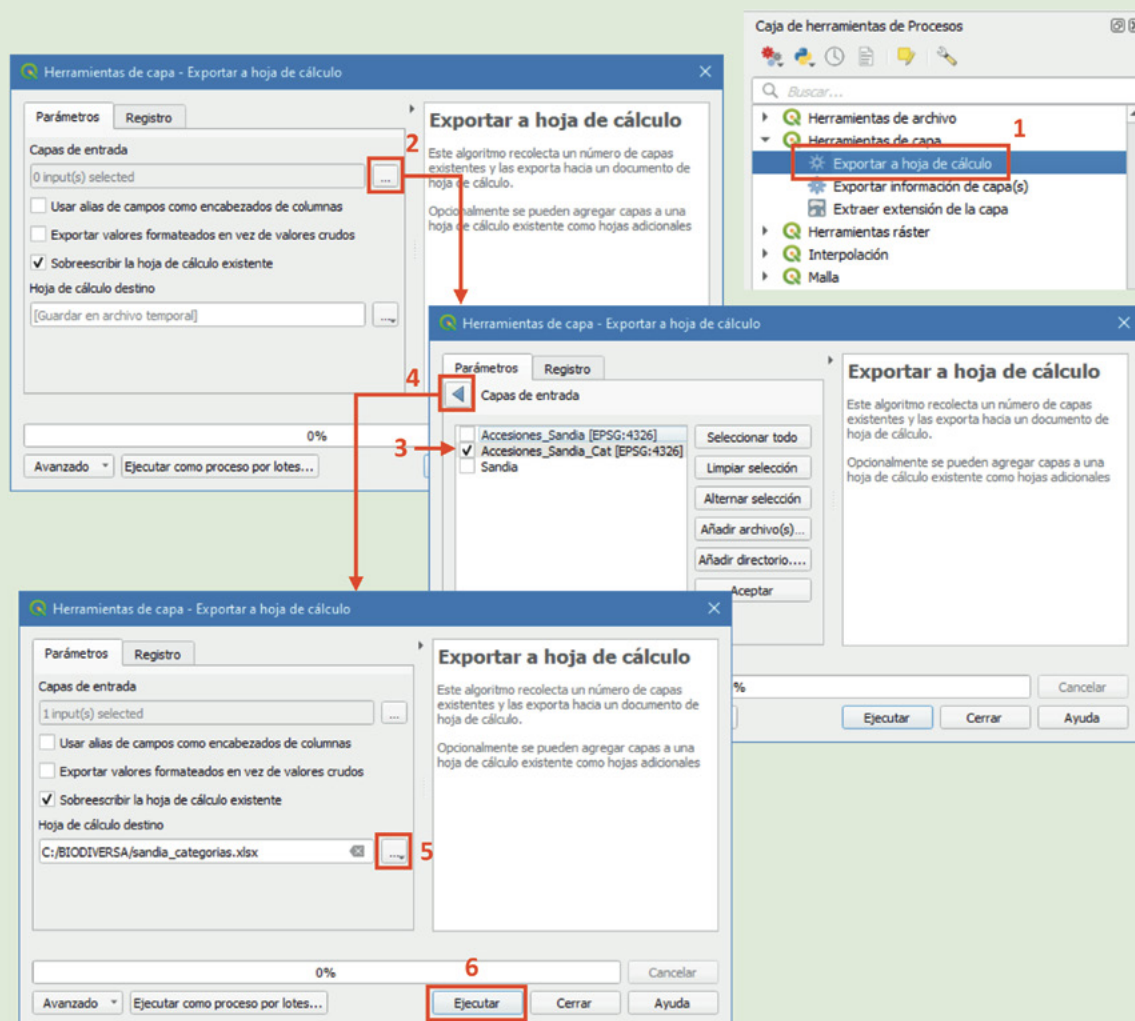


FICHA 7: Exportar la tabla de atributos con la información de cada accesión y su categoría ecogeográfica

Ejemplo: Accesiones_Sandia_Cat.shp creada en la FICHA 6.

Caja de herramientas → Herramientas de capa → Exportar a hoja de cálculo.

En la siguiente ventana que aparece, indicar la capa a exportar. En este ejemplo, la capa con las accesiones de sandía con las categorías ecogeográficas, y el archivo Excel (.xlsx) donde se quiere guardar.



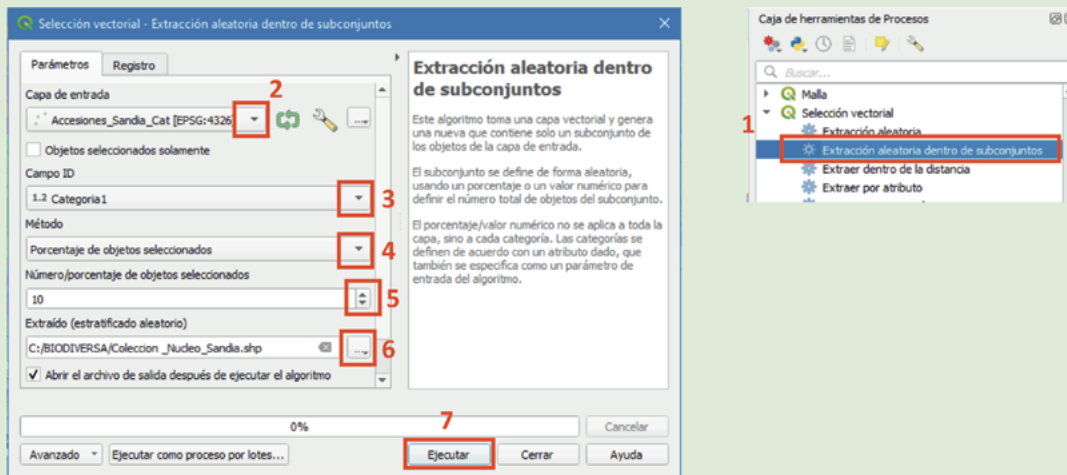
FICHA 8: Elección de la Colección Núcleo

OPCIÓN A) Trabajo realizado con QGIS.


Ejemplo: Accesiones_Sandia_Cat.shp (creada en la FICHA 6).

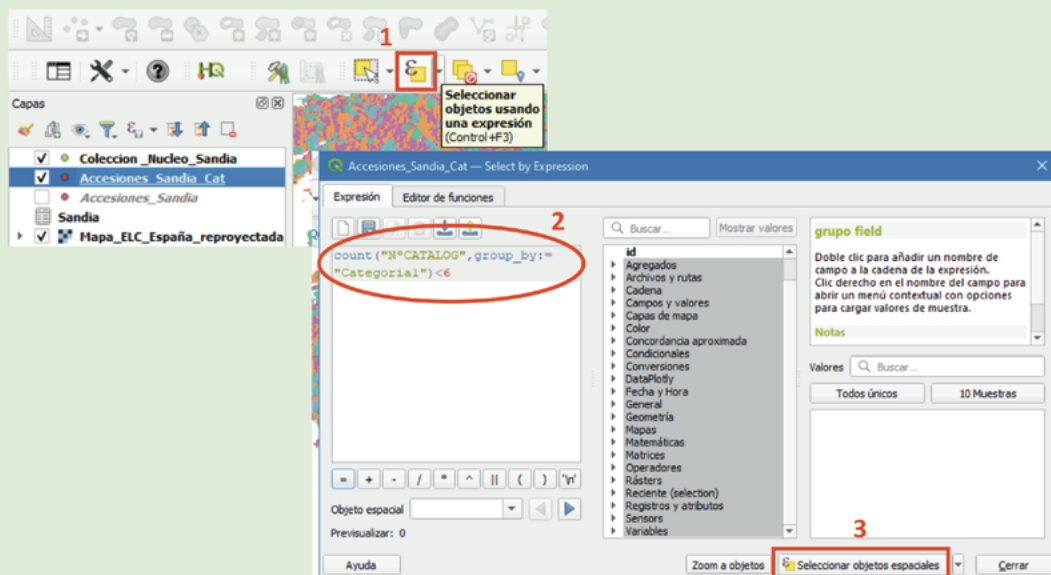
Paso 1.- Seleccionar aleatoriamente el 10% de las accesiones.

En la caja de herramientas, Selección vectorial → Extracción aleatoria dentro de subconjuntos. En la ventana, indicar la capa de las accesiones con la categoría ecogeográfica, en Campo ID poner el campo donde tenemos la categoría, el método de porcentaje y qué porcentaje. Guardar en archivo shape (.shp)



Paso 2.- Seleccionar las accesiones que hay menos de 6 en una categoría, ya que su 10% es 0 (ninguna accesión) y se ha decidido tener por lo menos una.


Pulsar en  para seleccionar por expresión, teniendo en cuenta tener activa la capa de accesiones, y poner: `count ("N CATALOGO" ,group_by:="Categoria1")<6` en la ventana que aparece. Se seleccionarán las accesiones que haya menos de 6 entradas en una categoría ecogeográfica.



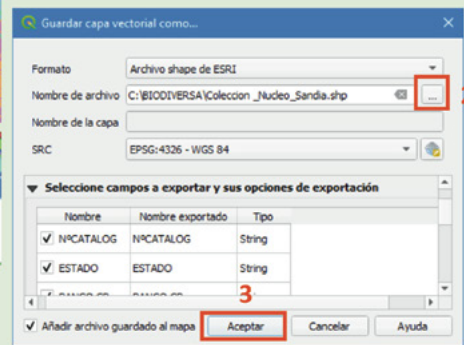
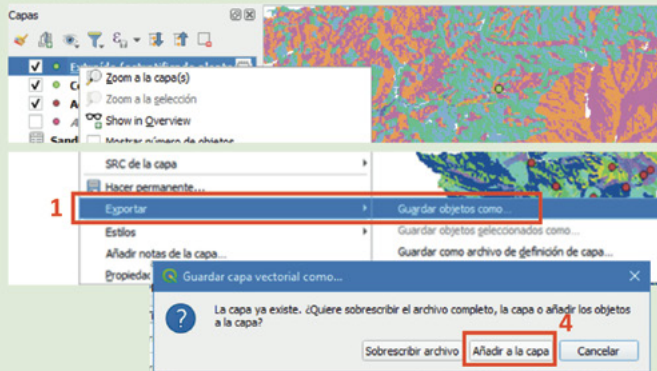
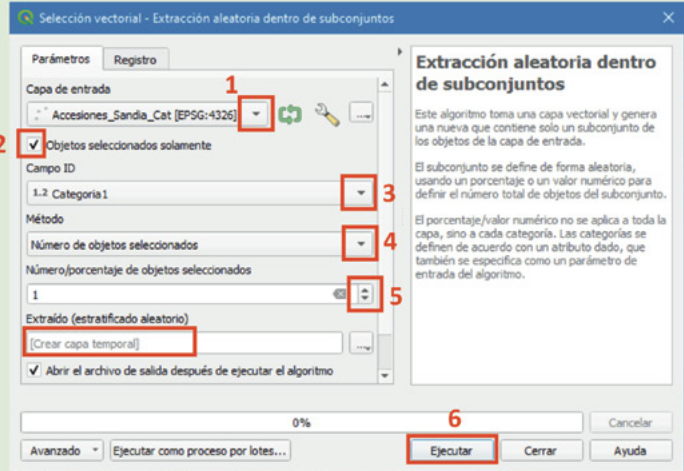


Volver a ejecutar la herramienta Extracción aleatoria dentro de subconjuntos.

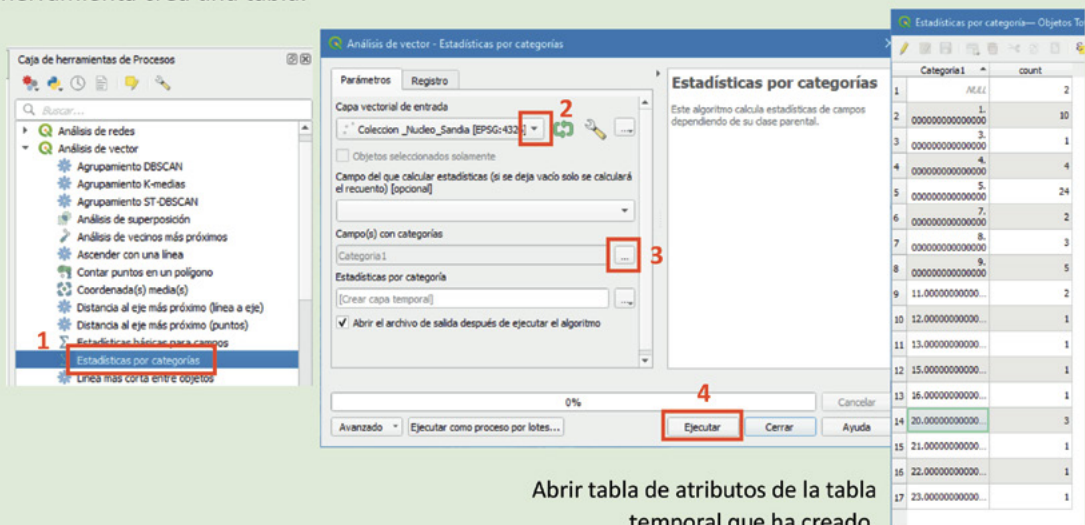
Marcar Objetos seleccionados solamente, el método por Número de objetos seleccionados, 1 en Número/porcentaje de objetos seleccionados, y en Extraído dejar [Crear capa temporal].

La capa aparecerá con el símbolo  indicando que es temporal. Hacer clic con el botón derecho del ratón sobre ella y Exportar → Guardar objetos como.

Cuando pregunte si se quiere Sobrescribir archivo o Añadir a la capa, se elige Añadir a la capa. De esta manera, las accesiones seleccionadas, se añadirán a la capa de colección núcleo creada anteriormente.



Se puede comprobar cuantas accesiones se han seleccionado en cada categoría ecogeográfica con la herramienta de Análisis de vector → Estadísticas por categorías. En Capa vectorial de entrada se elige la Colección Núcleo creada, en Campo del que calcular estadísticas se deja vacío para que haga el recuento, en Campo con categorías el campo Categoría1 y dejar que cree capa temporal. Esta herramienta crea una tabla.



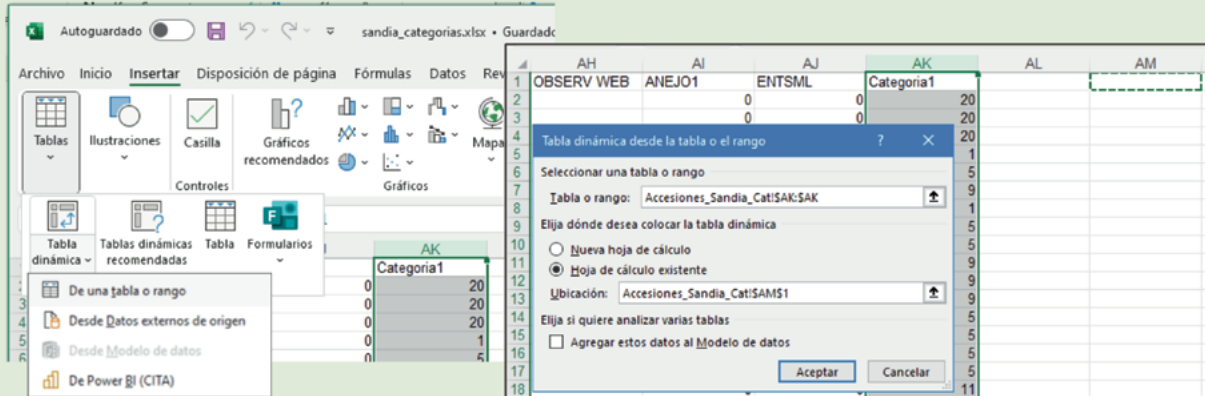
Abrir tabla de atributos de la tabla temporal que ha creado.

OPCIÓN B) Trabajo realizado con hoja de cálculo Excel.

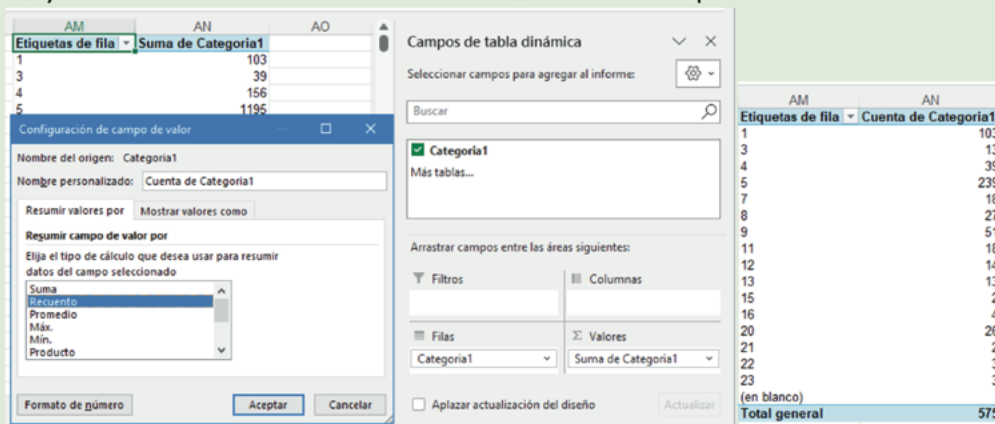
Ejemplo: sandia_categorias.xlsx (creada en la FICHA 7).

Paso 1: Determinar cuántas accesiones se elegirán de cada categoría ecogeográfica.

Se parte de la hoja de cálculo (Ver FICHA 7). Se selecciona la columna de las categorías ecogeográficas, y se inserta una tabla dinámica en la misma hoja, en la que contaremos cuantas accesiones hay en cada categoría



Aparecerán los campos de la table dinámica, donde se arrastra el campo de las categorías a la zona de Filas y de valores. En la zona de valores se cambia Suma de... por Recuento.



Se convierte en valores la tabla dinámica y se calcula el 10 %. En aquellas categorías ecogeográficas en las que hay accesión, pero el 10% es 0 se pone 1, ya que es lo que se ha decidido.

AM	AN	AO	AP
Etiquetas de fila	Cuenta de Categoría1	10%	Nº a seleccionar
1	103	10	10
3	13	1	1
4	39	4	4
5	239	24	24
7	18	2	2
8	27	3	3
9	51	5	5
11	18	2	2
12	14	1	1
13	13	1	1
15	2	0	1
16	4	0	1
20	26	3	3
21	2	0	1
22	3	0	1
23	3	0	1

Observar que es el mismo número de accesiones por categoría que con QGIS



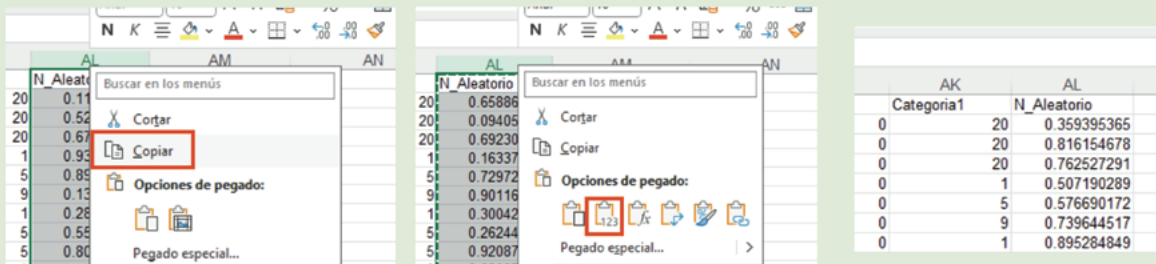
Paso 2: Elegir las accesiones de forma aleatoria usando Excel.

- En la hoja de donde tenemos las accesiones, agregar una nueva columna al final y nombrarla como "Número aleatorio". En la primera celda debajo de ese encabezado, escribir la siguiente fórmula: "=ALEATORIO()". Presionar "Enter" y aparecerá un número aleatorio entre el 0 y el 1 en la celda, con muchos decimales. Copiar y pegar esa celda en las demás celdas de la columna para que a cada accesión se le asigne un número de forma aleatoria. Seleccionar la columna y copiar y pegar como valores.

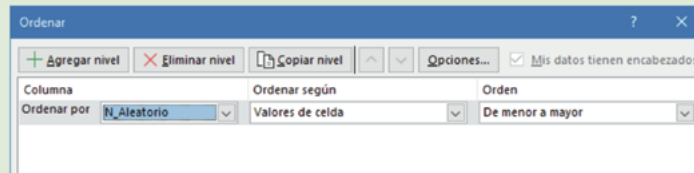
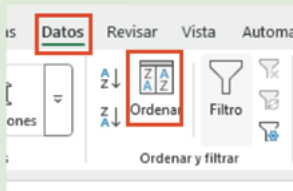
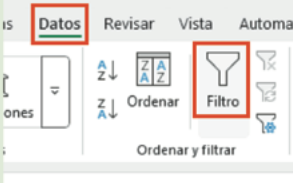
	AH	AI	AJ	AK	AL
1	RV WEB	ANEJO1	ENTSMML	Categoría1	N Aleatorio
2					=ALEATORIO()
3					
4					
5					
6					
7					

Copiar y pegar esa celda en las demás celdas de la columna para que a cada accesión se le asigne un número de forma aleatoria. Seleccionar la columna y copiar y pegar como valores.

Seguramente habrán cambiado los números, pero no dejarán de ser aleatorios.



- Se filtran los datos por Categorías, para ello seleccionar Datos → Filtro. En la columna dónde están las categorías a la que pertenece cada accesión se filtra por una categoría y después se ordenan las accesiones de manera ascendente o descendente según el número aleatorio. Menú Datos → Ordenar elegimos el nombre de la columna y orden que queramos. Primero elegir la categoría en el filtro y luego ordenar.



- Se seleccionan de cada categoría el número de accesiones correspondiente que han salido en el paso anterior, y se van copiando en una hoja de cálculo nueva para después crear nuevas capas en QGIS con esos datos (Ver FICHA 3).

	AH	AI	AJ	AK	AL
1	OBSERV WEÉ	ANEJO1	ENTSMML	Categoría1	N Aleatorio
37				4	0.021101062
41				4	0.023007737
59				4	0.039947044
81				4	0.040334237
111				4	0.04521487
123				4	0.048782708
150				4	0.054471943

De la categoría 4 se eligen 4 accesiones según el punto anterior

NOTA: Tener en cuenta que si alguna de las accesiones de la colección Núcleo ha sido de las que se ha corregido su posición (FICHA 6), al volverlas a introducir en QGIS desde tabla Excel, volverán a salir en la posición inicial, ya que el mover la accesión no cambia el dato de los campos de latitud y longitud. Cambia su georeferenciación, pero no la tabla de atributos.

Referencias

Alercia A, Diulgheroff S, Mackay M. **2015**. *FAO/Bioversity Multi-Crop Passport Descriptors V.2.1 [MCPD V.2.1]* - December 2015. Bioversity International 11 p. Disponible en: <https://hdl.handle.net/10568/69166>

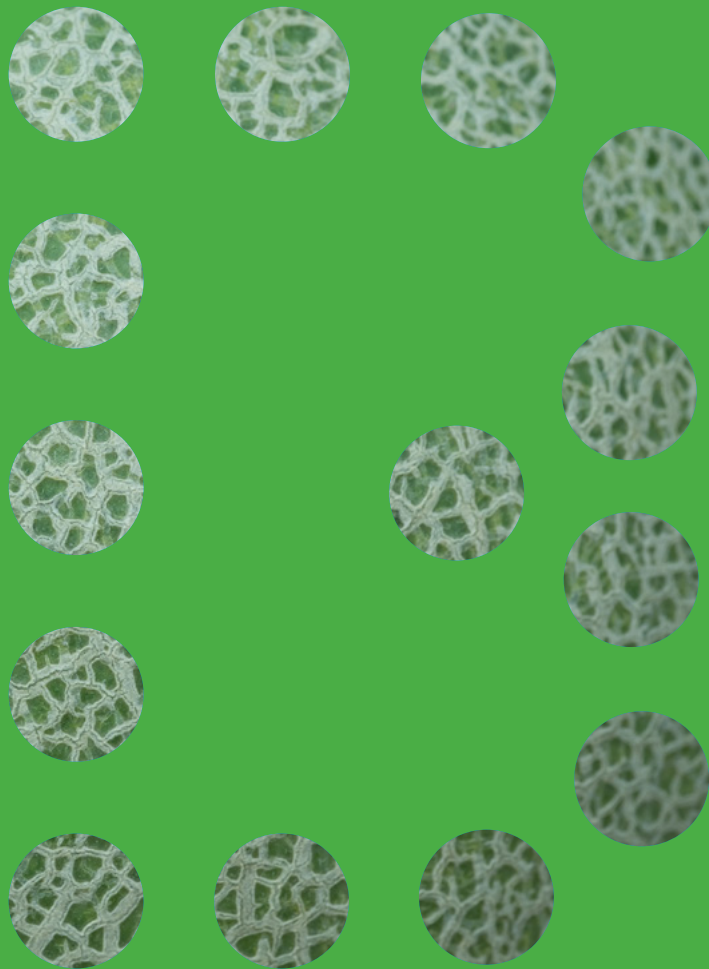
Brown AHD. **1989**. *Core collections: a practical approach to genetic resources management*. *Genome*: 31, 818-824.

Lizana, O. **2021**. *Mapa ecogeográfico de España. En Lizana (2021) Elección de variedades óptimas para diferentes procesos de industrialización con apoyo del Banco de Germoplasma Hortícola del CITA (BGHZ) y las herramientas CAPFITOGEN*. Trabajo Fin de Grado. Grado en Ingeniería Agroalimentaria y del medio rural. Universidad de Zaragoza. Mapa disponible en: <<https://hdl.handle.net/10532/7865>>

Parra-Quijano M, Iriondo JM, Torres E. **2012**. Review. *Applications of ecogeography and geographic information systems in conservation and utilization of plant genetic resources*. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 10: 419-429. Disponible en: <https://doi.org/10.5424/sjar/2012102-303-11>

Van Hintum ThJL, Brown AHD, Spillane C, Hodgkin T. **2003**. *Colecciones núcleo de recursos fitogenéticos*. Boletín Técnico No. 3 del IPGRI. Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos, Roma, Italia.





Creado dentro del Plan Complementario de Agroalimentación AGROALNEXT en el marco del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia y financiado por la Unión Europea – NextGenerationEU

AGROALNEXT

