

# Investigación

Fernández-Salegui, A.B. y Terrón Alfonso, A. 2003. Biomonitorización de la calidad del aire en los alrededores de La Robla (León). *Ecosistemas* 2003/2 (URL: <http://www.aeet.org/ecosistemas/032/investigacion2.htm>)

## ***Biomonitorización de la calidad del aire en los alrededores de La Robla (León).***

**Ana Belén Fernández-Salegui y Arsenio Terrón Alfonso Dpto. de Biología Vegetal (Botánica), Facultad de Ciencias Biológicas y Ambientales, Universidad de León. Campus de Vegazana S/N, E- 24071, León, España.**

*La progresiva industrialización ha supuesto un incremento en las emisiones de sustancias tóxicas a la atmósfera, lo que conlleva un empeoramiento paulatino de la calidad del aire. Es necesario un sistema de control de la misma para salvaguardar el medio ambiente y, en definitiva, nuestra salud. El número de estudios en los cuales se analiza la calidad del aire ha aumentado considerablemente en las últimas décadas, especialmente aquellos que utilizan parámetros biológicos debido a como algunos seres vivos reaccionan ante la contaminación atmosférica. En este artículo se exponen los resultados de un análisis de la calidad del aire a partir del estudio de líquenes epífitos y otras criptógamas.*

### **Introducción**

Los líquenes son organismos formados por la unión simbiótica de un hongo y un organismo fotosintético (alga cloroficea y/o cianoficea). De dicha unión, ambos obtienen beneficios, pues el alga proporciona sustancias orgánicas producidas en la fotosíntesis al hongo, mientras que el hongo ofrece protección y aporte de agua al alga. Están considerados de los mejores bioindicadores de la contaminación atmosférica, en particular los líquenes epífitos, es decir, que se desarrollan sobre la corteza de los árboles. Los organismos que se utilizan en la biomonitorización tienen la capacidad de ofrecer información sobre el estado del medio en el cual se desarrollan y su acción sobre ellos, y son denominados "bioindicadores". La respuesta que ofrecen se produce de forma gradual, ya que según va aumentando el nivel de contaminación progresivamente se deteriora el talo liquénico. No todas las especies responden del mismo modo. Las más sensibles o toxisensibles desaparecen con las primeras alteraciones, mientras que las especies toxitolerantes permanecen e incluso inicialmente ven aumentada su presencia, hasta que llega un nivel de concentración de contaminantes demasiado elevado que provoca su desaparición, produciéndose el llamado desierto liquénico.

### **Zona de estudio**

El territorio de estudio abarca una superficie de 450 km<sup>2</sup> en la zona centro-septentrional de la provincia de León, al NW de la Península Ibérica. Ha sido elegida por encontrarse bajo la influencia de la Central Térmica de La Robla, importante foco contaminante, junto con la Fábrica de Cementos La Robla. Al ser estos dos puntos prácticamente las únicas fuentes de contaminación atmosférica en la zona, podemos establecer cual es el daño causado sobre la vegetación liquénica y cual es su alcance, así como el modelo de dispersión que presentan los contaminantes en este territorio.

El área de estudio presenta dos valles que lo cruzan de N a S y de W a E, respectivamente. Además hay que resaltar las cadenas montañosas al N, con picos de alturas comprendidas entre los 1.609 m y los 1.245 m. Mientras, hacia el S el relieve es cada vez más suave y ondulado, con alturas comprendidas entre los 1.100 m y los 800 m. Esta característica, junto con los vientos predominantes, son dos importantes factores a tener en cuenta a la hora de estudiar la dispersión de los contaminantes existentes en la zona.

Siguiendo las divisiones fitogeográficas señaladas por Díaz y Penas (1984), Rivas-Martínez *et al.* (1984) y Ladero *et al.* (1987), la zona de estudio incluye territorios pertenecientes tanto a la Región Eurosiberiana como a la Región Mediterránea.

## Métodos

Uno de los métodos más utilizados en trabajos de biomonitorización se basa en las variaciones que la contaminación atmosférica induce en las comunidades liquénicas. Se trata del Índice de Pureza Atmosférica (IPA), calculado a partir del número de especies presentes y la frecuencia de cada una de ellas en las diferentes localidades de estudio. De las diferentes formulaciones existentes de este método, hemos elegido la descrita por Ammann *et al.* (1987) con las modificaciones introducidas por Nimis *et al.* (1989), quienes proponen el uso de una red de muestreo de 30 x 50 cm, con 10 rectángulos de 10 x 15 cm cada uno de ellos.

Con el fin de que el único factor ecológico variable entre las diversas estaciones de muestreo sea la contaminación atmosférica hemos seguido una serie de pautas (Terrón, 1988). Las estaciones se sitúan en zonas donde no hay verdaderos bosques, evitando que se cree un microambiente distinto. De este modo, en cada estación se realizaron 5 inventarios, siempre sobre *Quercus pyrenaica*, ya que presenta una distribución más o menos uniforme en la zona de estudio, de diámetro comprendido entre 25–40 cm. Una vez elegido el forófito o árbol sobre el que se asientan los líquenes epífitos, se sitúa la red de muestreo sobre el tronco, de modo que la porción central coincida con la parte del tronco con máxima densidad de líquenes, a una altura entre 120 y 180 cm del suelo. Además, en cada estación se han tomado los siguientes datos: altitud, coordenadas U.T.M., fecha de realización de los inventarios, exposición, listado de especies y su presencia en cada uno de los rectángulos que conforman la red de muestreo.

## Elaboración de los datos

En cada inventario se calcula la frecuencia de cada especie como el número de rectángulos en los que aparece dicha especie (0 cuando la especie está ausente, la frecuencia máxima es 10). Posteriormente se suman todas las frecuencias de las distintas especies para calcular la frecuencia total ( $f_t$ ) del inventario. El I.P.A. (Índice de Pureza Atmosférica) de cada estación viene dado por la relación entre la frecuencia total ( $f_t$ ) y el número de forófitos por estación ( $n$ ):  $I.P.A = \Sigma f_t / n$

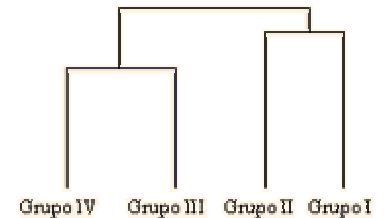
Con los datos obtenidos se elaboran una serie de mapas utilizando, por ejemplo, el programa *Surfer* (*Golden Software Inc.*, Golden, Colorado, U.S.A.), con el fin de evitar interpretaciones subjetivas a la hora de cartografiar los resultados. Además, hemos utilizado el programa *Statistica 4.5* para clasificar y ordenar la matriz de estaciones y especies.

## Calidad del aire

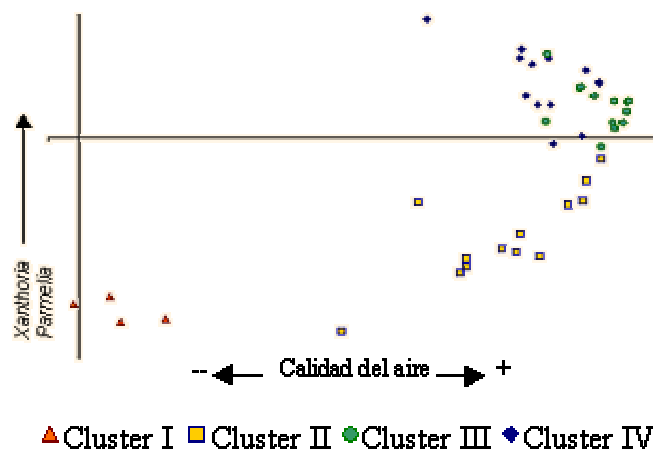
Las ordenaciones y clasificaciones ponen de manifiesto la existencia de 4 grupos de estaciones (**Figura 1**), similares en cuanto a su composición de líquenes.

El primero de los grupos lo conforman unas estaciones que presentan especies características de zonas frecuentemente antropizadas o afectadas por fenómenos de degradación ambiental, como *Xanthoria parietina*, *X. candelaria*, *Physcia aipolia*, *P. adscendens* y *Phaeophyscia orbicularis*. En el segundo grupo *Xanthoria parietina* y *Phaeophyscia orbicularis* aparecen aunque con menor frecuencia, mientras que *Parmelia tiliacea* tiene en este grupo la mayor frecuencia. El grupo tercero está formado por estaciones en las cuales especies como *Parmelia exasperatula*, *P. tiliacea* y *P. sulcata* son las más frecuentes. Existe también un incremento en la diversidad de especies respecto a los dos grupos anteriores. Por último, el grupo IV incluye, entre otras, las dos estaciones de control. Presenta prácticamente las mismas especies que el grupo anterior pero existe un gran incremento en la frecuencia de *Parmelia sulcata*, *Evernia prunastri* y, en menor medida, de *Usnea glabrescens*, mientras que *Parmelia tiliacea* experimenta un descenso.

Estos grupos se repiten en el Análisis de Componentes Principales (**Figura 2**), en el cual las estaciones se disponen en el espacio respecto a diferentes factores ecológicos representados por los ejes. De esta forma, la representación obtenida responde a la calidad del aire (Eje I) y a las especies presentes así como sus frecuencias (Eje II). Los grupos obtenidos, que se corresponden con los del dendrograma, muestran la gran separación del grupo I respecto del resto. También es evidente la transición desde el grupo II hasta los grupos III y IV, siendo estos dos últimos los que menor separación muestran.



**Figura 1.** Dendrograma de las estaciones muestreadas obtenido a partir de los datos de presencia de especies en las distintas estaciones muestreada (**Tabla 1**).



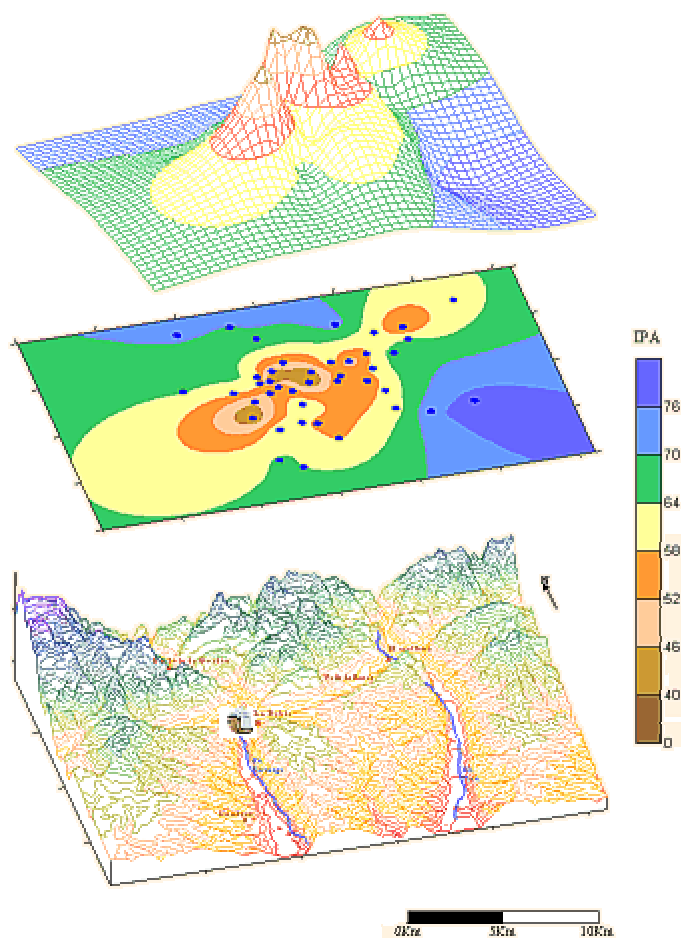
**Figura 2.** Análisis en Componentes Principales de las estaciones basada en los datos de la Tabla 1.

En la realización del mapa de la calidad del aire (**Figura 3**) se han utilizado los datos del I.P.A. obtenidos en las 43 estaciones muestreadas. Las zonas de isocontaminación obtenidas se resumen en la **Tabla 2**, en la cual se muestran las clases liquénicas establecidas, siguiendo las indicaciones de Wirth (1995). Los valores de I.P.A. se encuentran comprendidos entre 36 y 79,4, no existiendo ninguna zona de desierto liquénico (es decir, de I.P.A.= 0). Los valores más bajos se corresponden con altos niveles de contaminantes, mientras que valores de I.P.A. elevados reflejan una buena calidad del aire.

En el mapa de zonas de isocontaminación (**Figura 3**) podemos ver como existe una gran correlación entre la dispersión de los contaminantes desde la localidad de La Robla y la existencia de los dos valles principales, el de Fenar y el del río Bernesga. Los vientos también son importantes, ya que en las direcciones dominantes (E y SW, principalmente) las zonas de isocontaminación se ensanchan porque los contaminantes alcanzan mayores distancias suspendidos en el aire. Es precisamente en las estaciones comprendidas dentro de las zonas A y B, donde se encuentran especies como *Xanthoria parietina*, *X. candelaria*, *Phaeophyscia orbicularis* y *Physcia adscendens*, entre otras. Estas especies pertenecen a la alianza *Xanthorion parietinae*, caracterizada por ser nitrofitica, toxitolerante y muy extendidas en zonas habitadas y/o sujetas a actividad agrícola. En las siguientes zonas van siendo sustituidas por especies fruticulosas y foliáceas como *Parmelia sulcata*, *P. tiliacea* y *Evernia prunastri*, entre otras.

## Conclusión

Aunque se ha demostrado la existencia de una gran correlación entre las zonas finales de isocontaminación y los contaminantes (Nimis, 1989), se recomienda realizar análisis de ordenación y clasificación con el fin de comprender mejor los resultados. Los resultados obtenidos concuerdan con numerosos estudios,



**Figura 3.** Análisis espacial de los valores de IPA del área de estudio, según las zonas liquénicas definidas en la **Tabla 2**.

**Tabla 2.** Zonas liquénicas establecidas en función del intervalo de Índice de Pureza Atmosférica y de la alteración/naturalidad del aire en la zona de muestreo.

| Zona liquénica | Intervalo I.P.A. | Alteración/Naturalidad |
|----------------|------------------|------------------------|
| A              | I.P.A. 36-42     | Alteración muy alta    |
| B              | I.P.A. 42-48     | Alteración alta        |
| C              | I.P.A. 48-54     | Alteración media       |
| D              | I.P.A. 54-60     | Naturalidad baja       |
| E              | I.P.A. 60-66     | Naturalidad media      |
| F              | I.P.A. 66-72     | Naturalidad alta       |
| G              | I.P.A. > 72      | Naturalidad muy alta   |

si bien la escala propuesta de intervalos de Índice de Pureza Atmosférica y alteración/naturalidad únicamente puede ser aplicada en esta zona o en otras semejantes, constituyendo un punto de partida para estudios semejantes en otras áreas de nuestras latitudes.

## Referencias

Ammann, K., Herzig, R., Liebendörfer, L. y Urech, M. 1987. Multivariate correlation of deposition data of 8 different air pollutants to lichen data in a small town in Switzerland. *Advances in Aerobiology* 51: 401-406.

Díaz González, T.E. y Penas Merino, A. 1984. *Bases para el Mapa Fitogeográfico de la Provincia de León*. Inst. Fray Bernardino de Sahagún. Diputación Provincial de León, León, España.

Ladero, M., Díaz González, T.E., Penas Merino, A., Rivas-Martínez, S. y Valle, C.J. 1987. Datos sobre la vegetación de las Cordilleras Central y Cantábrica. *Itinera Geobotánica* 1: 1-147.

Nimis, P.L., Ciccarelli, A., Lazzarin, G., Bargagli, R., Benedet, A., Castello, M., Gasparo, D., Lausi, D., Olivieri, S. y Tretiach, M.. 1989. I licheni come bioindicatori di inquinamento atmosferico nell'area di Schio- Thiene- Breganze (VI). *Bollettino del Museo Civico di Storia Naturale di Verona* 16: 1-154. Verona, Italia.

Rivas-Martínez, S., Díaz González, T.E., Fernández Prieto, J.A., Loidi, J. y Penas Merino, A., 1984. *La vegetación de la alta montaña cantábrica: Los Picos de Europa*. Ed. Leonesas, León, España.

Terrón Alfonso, A. 1988. *Empleo de bioindicadores líquénicos para la valoración del grado de la contaminación atmosférica en la zona de Ponferrada (León)*. Instituto Fray Bernardino de Sahagún, Diputación Provincial de León, España.

Wirth, V. 1995. *Die Flechten Baden-Württembergs Teil 1 & 2*. Ulmer, Stuttgart, Germany.

## Apéndice

**Tabla 3.** Frecuencia media de las especies presentes en cada estación de muestreo.

|                                | L1  | L2  | L3  | L4  | L5  | L6  | L7  | L8  | L9  | L10 | L11 | L12 | L13 | L14 | L15 | L16 | L17 | L18 | L19 | L20 | L21 |
|--------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| <i>Anaptychia ciliaris</i>     | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | 0,6 | .   | .   | .   | .   | 0,2 | 0,4 | .   | .   | .   | .   | 0,4 | .   | .   |
| <i>Bryoria fuscescens</i>      | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   |
| <i>Buellia disciformis</i>     | 0,2 | .   | 0,2 | 0,2 | .   | .   | .   | .   | 0,4 | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   |
| <i>Caloplaca cerina</i>        | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | 0,6 | .   | .   | .   |
| <i>Caloplaca ferruginea</i>    | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | 0,4 | .   | .   |
| <i>Candelariella vitellina</i> | 3,2 | 1,6 | 0,6 | 7,0 | 3,4 | 2,4 | 2,0 | 1,6 | 0,2 | 1,2 | 1,0 | 0,4 | 2,4 | .   | 1,8 | 2,6 | 0,8 | 4,0 | 1,6 | .   | .   |
| <i>Cetraria aculeata</i>       | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   |
| <i>Cladonia conista</i>        | .   | .   | 1,0 | .   | .   | .   | .   | .   | 0,6 | .   | .   | 1,8 | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   |
| <i>Cladonia conoidea</i>       | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   |
| <i>Collema subflaccidum</i>    | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   |
| <i>Evernia prunastri</i>       | .   | 0,2 | 9,8 | 7,8 | 7,2 | 0,2 | 0,4 | 0,4 | 4,8 | .   | .   | 5,6 | 1,0 | 6,2 | 3,2 | 1,6 | 1,6 | 3,8 | 1,6 | 7,0 | 4,6 |
| <i>Hypogymnia physodes</i>     | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | 1,0 | 0,2 | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   |
| <i>Hypogymnia tubulosa</i>     | .   | .   | .   | 1,6 | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | 0,2 | .   | .   | .   | .   |
| <i>Hysterium angustatum</i>    | 2,2 | 1,4 | 6,6 | 3,2 | 2,2 | 2,6 | 4,8 | 4,8 | 2,2 | 1,2 | 3,0 | .   | 1,8 | 2,4 | 2,4 | 1,6 | 2,0 | .   | .   | 2,0 | .   |
| <i>Lecanora carpinea</i>       | 1,6 | 0,8 | 1,0 | 2,4 | 1,0 | .   | .   | .   | .   | .   | 1,2 | .   | 1,0 | 1,8 | 0,4 | .   | 1,4 | 3,6 | .   | 1,2 | 0,6 |
| <i>Lecanora chlarotera</i>     | 4,0 | 2,8 | 6,0 | 5,4 | 4,8 | 4,6 | 4,6 | 1,8 | 4,6 | 6,4 | 6,2 | 5,0 | 5,8 | 5,8 | 1,6 | 4,2 | 3,0 | 4,6 | 5,4 | 3,2 | 3,4 |
| <i>Lecanora dispersa</i>       | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   |
| <i>Lecanora varia</i>          | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   |
| <i>Lecidella elaeochroma</i>   | .   | 2,4 | 2,8 | 1,4 | 1,0 | .   | 0,6 | 0,6 | 1,2 | .   | 1,4 | 0,8 | 4,4 | 0,8 | .   | 0,8 | 1,4 | 4,0 | 3,0 | 0,4 | 0,6 |

|                                 |      |     |      |     |     |     |     |     |      |     |     |      |     |      |      |     |     |     |     |      |     |   |
|---------------------------------|------|-----|------|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|------|-----|------|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|---|
| <i>Lepraria aeruginosa</i>      | .    | .   | 0,6  | .   | 1,0 | 0,4 | .   | .   | 0,6  | 0,2 | .   | 0,6  | .   | 0,6  | 0,2  | 1,0 | 0,8 | 0,2 | 2,6 | .    | .   |   |
| <i>Mycena corticola</i>         | 1,2  | 0,6 | 1,4  | 1,2 | 1,8 | 1,2 | 1,2 | 1,2 | 2,6  | 1,2 | 2,2 | 0,6  | 1,0 | 2,0  | .    | 1,4 | 2,2 | 1,6 | 1,8 | 0,2  | 1,6 |   |
| <i>Ochrolechia parella</i>      | .    | .   | .    | .   | .   | .   | .   | .   | .    | .   | .   | 0,4  | .   | .    | .    | .   | .   | 0,4 | .   | 0,4  | .   |   |
| <i>Orthotrichum affine</i>      | 0,6  | 1,0 | 1,8  | 3,4 | 2,0 | 3,8 | 2,6 | 1,8 | 2,4  | 1,6 | 1,2 | 3,4  | 2,4 | 2,4  | 3,2  | 3,6 | 2,2 | 1,2 | 2,4 | 0,4  | 1,6 |   |
| <i>Parmelia exasperata</i>      | .    | .   | 0,8  | 2,0 | .   | .   | .   | .   | 1,2  | .   | 0,8 | 5,6  | 5,8 | 3,0  | 0,2  | 1,4 | 4,8 | 4,2 | 3,0 | 0,4  | 1,4 |   |
| <i>Parmelia exasperatula</i>    | 3,2  | 7,6 | 5,0  | 4,4 | 5,8 | 4,2 | 5,2 | 6,6 | 10,0 | 6,2 | 8,0 | 5,2  | 5,0 | 3,4  | 9,0  | 8,2 | 3,6 | 3,2 | 6,6 | 3,6  | 8,0 |   |
| <i>Parmelia glabra</i>          | .    | 0,4 | 0,2  | .   | 0,6 | .   | .   | 0,6 | 0,6  | 0,6 | 0,8 | 2,4  | .   | .    | .    | .   | 1,4 | .   | 0,8 | 0,6  | 1,6 |   |
| <i>Parmelia glabratula</i>      | .    | .   | .    | 1,0 | 1,0 | 0,4 | .   | .   | .    | 1,2 | 2,6 | .    | 0,8 | .    | .    | .   | .   | .   | .   | .    | 5,6 | . |
| <i>Parmelia quercina</i>        | 0,6  | 0,4 | .    | 2,4 | 1,4 | 0,8 | 0,2 | .   | .    | .   | 0,4 | 0,8  | 1,4 | 0,6  | 0,2  | 0,2 | 0,4 | .   | 1,8 | 0,4  | .   |   |
| <i>Parmelia saxatilis</i>       | .    | .   | .    | .   | .   | .   | .   | .   | .    | .   | .   | 1,0  | 0,6 | .    | .    | .   | .   | .   | .   | .    | .   | . |
| <i>Parmelia subargentifera</i>  | 1,4  | .   | .    | .   | 0,4 | 0,6 | 0,2 | .   | .    | 1,8 | 0,6 | .    | .   | .    | .    | 2,8 | .   | 0,4 | 0,4 | .    | 0,6 |   |
| <i>Parmelia subaurifera</i>     | .    | .   | .    | 1,2 | .   | .   | .   | .   | .    | .   | .   | 1,6  | 0,2 | 2,8  | 1,4  | 1,4 | .   | .   | 0,2 | 1,8  | 1,6 |   |
| <i>Parmelia sulcata</i>         | 1,2  | 4,6 | 10,0 | 9,4 | 9,4 | 1,6 | 2,6 | 6,6 | 9,8  | 2,8 | 6,0 | 10,0 | 9,4 | 10,0 | 10,0 | 9,0 | 9,8 | 9,0 | 8,2 | 10,0 | 8,8 |   |
| <i>Parmelia tiliacea</i>        | 10,0 | 9,8 | 3,2  | 2,6 | 6,6 | 7,0 | 9,6 | 9,6 | 1,0  | 6,6 | 9,2 | 5,0  | 7,8 | 7,8  | 7,2  | 6,0 | 8,4 | 3,6 | 7,4 | 9,0  | 8,6 |   |
| <i>Pertusaria albescens</i>     | .    | .   | .    | .   | .   | .   | 0,4 | 0,2 | .    | .   | .   | .    | .   | 0,2  | .    | .   | .   | 0,4 | 0,4 | 0,4  | 0,8 |   |
| <i>Pertusaria amara</i>         | .    | .   | .    | .   | .   | .   | .   | .   | .    | .   | .   | .    | .   | .    | .    | .   | .   | .   | .   | .    | .   | . |
| <i>Pertusaria coccodes</i>      | .    | .   | .    | .   | .   | .   | .   | .   | .    | .   | .   | .    | .   | 0,2  | .    | .   | .   | 0,2 | .   | .    | .   |   |
| <i>Pertusaria flavida</i>       | .    | .   | .    | .   | .   | .   | .   | .   | .    | .   | .   | 0,2  | 2,0 | 0,6  | .    | .   | .   | 0,4 | 0,4 | .    | 0,2 |   |
| <i>Phaeophyscia orbicularis</i> | 0,8  | 0,8 | .    | .   | 0,2 | 5,2 | 3,0 | 2,6 | .    | 0,8 | .   | .    | .   | .    | .    | .   | .   | 2,0 | .   | .    | .   |   |
| <i>Phlyctis argena</i>          | .    | .   | 1,2  | 0,2 | .   | .   | 0,8 | 0,4 | 1,4  | 0,2 | .   | 1,2  | .   | 0,4  | 0,6  | 0,6 | 0,8 | .   | 0,4 | .    | 1,2 |   |
| <i>Physcia adscendens</i>       | 2,8  | 2,8 | 1,4  | 1,4 | 1,6 | 0,6 | 5,0 | .   | .    | 7,2 | 6,8 | 0,4  | 1,4 | .    | .    | .   | 0,4 | 5,2 | .   | 1,0  | 1,4 |   |
| <i>Physcia aipolia</i>          | 0,8  | 2,6 | .    | 2,4 | 0,4 | 1,6 | 2,2 | 1,6 | .    | 2,6 | 0,4 | .    | 1,6 | .    | .    | 0,8 | 0,4 | 1,6 | 1,2 | 1,2  | 0,6 |   |

|                                |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |
|--------------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| <i>Physcia stellaris</i>       | .          | 0,2        | .          | .          | .          | .          | .          | .          | .          | .          | .          | .          | .          | .          | .          | .          | .          | 0,8        | .          | .          | .          |            |
| <i>Physconia distorta</i>      | 0,8        | 0,4        | 6,0        | 1,0        | 0,6        | 2,0        | 0,6        | 2,6        | .          | 1,6        | 0,2        | 4,0        | 3,4        | 8,2        | 1,2        | 1,2        | 2,2        | 0,4        | 4,0        | 5,6        | 4,8        |            |
| <i>Physconia enteroxantha</i>  | 4,2        | 1,4        | 3,4        | 8,4        | 5,2        | 10,0       | 5,4        | 6,0        | 9,6        | 6,8        | 6,0        | 4,6        | 5,0        | 5,2        | 4,0        | 5,6        | 6,2        | 5,0        | 2,8        | 3,4        | 3,6        |            |
| <i>Physconia grisea</i>        | .          | .          | .          | .          | .          | 0,8        | .          | .          | 0,8        | 0,8        | 0,8        | .          | .          | 0,4        | .          | .          | .          | .          | .          | .          | .          |            |
| <i>Physconia perisidiosa</i>   | 2,4        | 2,2        | .          | 1,0        | 0,4        | 6,6        | 4,2        | 4,6        | 5,8        | 6,8        | 1,2        | 0,8        | .          | 1,0        | 1,4        | 8,4        | 0,6        | .          | 4,2        | 0,4        | 1,0        |            |
| <i>Physconia venusta</i>       | .          | .          | .          | .          | 0,6        | .          | .          | .          | 1,0        | 0,4        | 0,2        | .          | .          | 2,0        | .          | 0,2        | .          | .          | .          | .          | 1,4        |            |
| <i>Platismatia glauca</i>      | .          | .          | .          | .          | .          | .          | .          | .          | .          | .          | .          | .          | .          | .          | .          | .          | .          | .          | .          | .          | .          |            |
| <i>Pleurococcus</i> sp.        | .          | 1,0        | 2,0        | .          | 1,6        | .          | 0,8        | 2,0        | .          | 0,6        | 0,2        | .          | 1,0        | 0,6        | 1,0        | .          | 1,0        | 0,6        | 1,2        | 0,6        | 1,0        |            |
| <i>Pseudevernia furfuracea</i> | 0,2        | .          | 0,2        | 1,2        | 0,4        | .          | .          | .          | 1,0        | .          | .          | 0,6        | 1,6        | .          | 0,4        | .          | 1,0        | 0,4        | 0,4        | 1,6        | 0,8        |            |
| <i>Ramalina farinacea</i>      | .          | .          | 2,0        | 1,8        | 1,4        | 0,4        | 0,2        | .          | 0,6        | 1,0        | 0,2        | 1,0        | .          | 0,6        | 0,2        | 0,8        | 1,2        | 1,8        | 0,6        | 0,6        | 1,2        |            |
| <i>Ramalina fraxinea</i>       | 1,0        | 1,2        | 1,0        | 1,4        | 0,8        | 0,4        | 1,6        | .          | 1,4        | .          | .          | 1,2        | 2,2        | 2,2        | 0,4        | 1,2        | 2,0        | 0,4        | 2,8        | 0,2        | 2,2        |            |
| <i>Rinodina corticola</i>      | .          | .          | 1,0        | 1,2        | 0,2        | .          | .          | .          | 0,2        | .          | .          | 3,4        | 0,2        | .          | .          | .          | .          | .          | 1,2        | .          | 0,2        |            |
| <i>Trepenophlia</i> sp.        | .          | .          | 5,6        | .          | 0,6        | .          | .          | .          | .          | 1,8        | .          | 0,4        | .          | 0,4        | .          | .          | .          | 2,4        | .          | .          | 0,2        |            |
| <i>Usnea glabrescens</i>       | .          | .          | .          | .          | 0,4        | .          | .          | .          | .          | .          | .          | .          | .          | .          | 0,6        | .          | .          | 0,4        | .          | .          | 0,4        |            |
| <i>Usnea subfloridana</i>      | .          | .          | .          | .          | .          | .          | .          | .          | 0,8        | .          | .          | 0,4        | .          | 0,4        | 0,2        | .          | 1,0        | .          | .          | 0,2        | .          |            |
| <i>Xanthoria candelaria</i>    | 1,2        | .          | .          | .          | .          | 2,0        | .          | .          | .          | 1,0        | .          | .          | .          | .          | .          | .          | .          | 0,2        | 0,8        | 0,4        | .          |            |
| <i>Xanthoria parietina</i>     | 1,6        | 2,2        | .          | 1,4        | .          | 2,6        | 2,0        | 0,6        | .          | 1,0        | .          | 0,8        | 0,6        | .          | .          | 0,2        | .          | 0,6        | 0,4        | .          | 0,2        |            |
| IPA                            | 45,2       | 48,4       | 74,8       | 78,0       | 64,0       | 62,0       | 60,2       | 56,8       | 64,8       | 63,6       | 60,6       | 69,8       | 70,6       | 72,4       | 50,8       | 64,8       | 60,8       | 66,8       | 68,8       | 61,4       | 64,6       |            |
|                                | <b>L22</b> | <b>L23</b> | <b>L24</b> | <b>L25</b> | <b>L26</b> | <b>L27</b> | <b>L28</b> | <b>L29</b> | <b>L30</b> | <b>L31</b> | <b>L32</b> | <b>L33</b> | <b>L34</b> | <b>L35</b> | <b>L36</b> | <b>L37</b> | <b>L38</b> | <b>L39</b> | <b>L40</b> | <b>L41</b> | <b>LC1</b> | <b>LC2</b> |
| <i>Anaptychia ciliaris</i>     | .          | .          | .          | .          | .          | .          | .          | 0,2        | .          | .          | .          | .          | .          | .          | .          | .          | .          | .          | .          | .          | .          | .          |
| <i>Bryoria fuscescens</i>      | .          | .          | .          | .          | .          | .          | .          | .          | .          | .          | .          | .          | .          | .          | 0,2        | .          | .          | .          | .          | .          | .          | .          |
| <i>Buellia disciformis</i>     | .          | .          | 0,8        | .          | .          | .          | .          | .          | .          | .          | .          | .          | .          | .          | .          | .          | .          | .          | 0,2        | .          | 0,6        | .          |



|                                |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|--------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| <i>Caloplaca cerina</i>        | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | 0,4 | 0,4 | .   | .   | .   | 2,0 | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   |
| <i>Caloplaca ferruginea</i>    | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   |
| <i>Candelariella vitellina</i> | 1,6 | 0,8 | 1,2 | 1,0 | 0,4 | 1,2 | 2,4 | 0,4 | .   | 0,2 | 1,6 | 0,2 | 5,0 | .   | 0,6 | 2,0 | 3,8 | .   | 1,2 | 1,0 | 0,2 | .   |
| <i>Cetraria aculeata</i>       | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | 0,2 | .   | 0,4 | .   | .   | .   | .   | .   | .   |
| <i>Cladonia conista</i>        | .   | 0,2 | .   | 0,2 | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | 0,6 |
| <i>Cladonia conoidea</i>       | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | 0,2 | .   | .   | .   | .   | .   | .   |
| <i>Collema subflaccidum</i>    | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | 0,8 | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   |
| <i>Evernia prunastri</i>       | 1,2 | 4,2 | 4,8 | 5,4 | 1,4 | 0,2 | 0,8 | 0,2 | .   | 0,2 | 0,2 | .   | .   | 4,6 | 6,0 | 9,2 | 5,4 | .   | 0,8 | 0,2 | 8,8 | 7,8 |
| <i>Hypogymnia physodes</i>     | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | 0,4 | 0,2 | 0,4 | 0,6 | .   | .   | .   | .   | .   |
| <i>Hypogymnia tubulosa</i>     | 0,4 | 1,2 | 1,2 | 1,0 | 0,2 | 1,2 | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | 1,8 | 0,4 | 0,4 | 1,2 | .   | .   | .   | .   | .   |
| <i>Hysterium angustatum</i>    | .   | 0,8 | 1,2 | 1,4 | 0,2 | 1,6 | 2,0 | .   | .   | .   | .   | 1,4 | 0,8 | 3,2 | 0,4 | 0,6 | 1,6 | .   | 2,0 | .   | 2,4 | 1,6 |
| <i>Lecanora carpinea</i>       | 1,4 | .   | 4,0 | 1,0 | 0,6 | 2,6 | 1,2 | .   | 1,2 | 1,4 | .   | 1,0 | 1,4 | .   | 0,2 | 0,2 | 2,8 | 1,8 | 3,4 | .   | .   | 0,2 |
| <i>Lecanora chlarotera</i>     | 2,4 | 2,2 | 3,6 | 3,6 | 6,6 | 5,2 | 4,0 | 4,0 | 1,6 | 3,0 | 5,8 | 7,4 | 2,0 | 3,4 | 4,4 | 1,4 | 4,8 | 3,2 | 5,2 | 3,0 | 3,6 | 5,2 |
| <i>Lecanora dispersa</i>       | .   | 1,4 | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | 2,2 | .   | .   | .   | 1,6 | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   |
| <i>Lecanora varia</i>          | .   | 0,8 | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | 0,2 | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   |
| <i>Lecidella elaeochroma</i>   | 0,4 | .   | 1,0 | 1,4 | 5,0 | 1,8 | 1,6 | 2,6 | .   | 1,4 | 4,2 | .   | 1,2 | .   | 1,8 | 0,4 | 1,0 | 1,2 | 2,2 | 1,2 | 3,0 | 1,8 |
| <i>Lepraria aeruginosa</i>     | .   | 1,2 | 1,2 | 0,4 | 0,2 | 0,8 | 0,2 | .   | .   | .   | 0,8 | .   | .   | .   | 0,6 | 2,4 | 0,6 | .   | .   | .   | 0,4 | 0,8 |
| <i>Mycena corticola</i>        | 1,2 | 0,8 | 1,4 | 1,6 | 2,0 | 0,8 | 1,0 | 0,2 | .   | 1,8 | 1,2 | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | 0,6 | 1,2 | 2,0 | .   |
| <i>Ochrolechia parella</i>     | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   | .   |
| <i>Orthotrichum affine</i>     | 2,0 | 2,4 | 0,8 | 3,8 | 1,6 | 0,8 | .   | 1,6 | 1,4 | 2,4 | 2,6 | 2,6 | 4,0 | 2,4 | .   | 0,8 | .   | 2,2 | .   | .   | 3,2 | 3,4 |
| <i>Parmelia exasperata</i>     | 0,6 | 3,8 | 2,8 | 3,4 | 2,6 | 2,0 | 4,8 | 0,2 | .   | 1,6 | 0,8 | .   | .   | 3,0 | 1,8 | .   | 0,8 | .   | .   | .   | 1,0 | 3,4 |
| <i>Parmelia exasperatula</i>   | 4,0 | 7,2 | 0,4 | 2,2 | 3,0 | 4,6 | 2,0 | 0,2 | .   | 1,4 | 3,4 | .   | .   | 1,4 | 5,4 | 0,6 | 9,4 | .   | 1,8 | 4,2 | 8,2 | 2,0 |

|                                 |     |     |      |      |     |     |      |     |      |     |     |      |      |      |      |      |     |      |     |      |      |     |
|---------------------------------|-----|-----|------|------|-----|-----|------|-----|------|-----|-----|------|------|------|------|------|-----|------|-----|------|------|-----|
| <i>Parmelia glabra</i>          | 0,2 | 0,6 | 0,4  | .    | .   | 0,6 | 1,6  | 1,8 | .    | 0,4 | 0,4 | .    | .    | .    | 0,2  | .    | 0,4 | .    | 0,6 | 0,6  | 2,2  | 0,2 |
| <i>Parmelia glabratula</i>      | .   | .   | .    | .    | .   | .   | .    | .   | .    | .   | .   | .    | .    | .    | .    | .    | .   | .    | 2,0 | 0,8  | .    | 4,4 |
| <i>Parmelia quercina</i>        | 0,2 | .   | 1,6  | 0,8  | 0,6 | .   | 3,4  | 0,8 | .    | 0,8 | 0,6 | .    | .    | 0,6  | .    | .    | .   | 0,2  | 2,6 | .    | .    | 0,4 |
| <i>Parmelia saxatilis</i>       | .   | .   | .    | .    | .   | .   | .    | .   | .    | .   | .   | .    | .    | .    | .    | .    | .   | .    | .   | .    | 0,2  | .   |
| <i>Parmelia subargentifera</i>  | .   | .   | .    | .    | .   | .   | .    | 0,8 | .    | 2,4 | 1,0 | 0,6  | .    | .    | 0,6  | .    | 0,8 | .    | .   | 0,6  | .    | .   |
| <i>Parmelia subaurifera</i>     | 3,0 | .   | 4,0  | 1,4  | 2,6 | 0,2 | .    | .   | .    | .   | 3,6 | .    | .    | .    | 0,2  | 1,6  | .   | .    | .   | .    | .    | 0,4 |
| <i>Parmelia sulcata</i>         | 6,8 | 8,2 | 10,0 | 10,0 | 8,4 | 9,4 | 9,0  | .   | .    | 2,4 | 4,2 | .    | .    | 10,0 | 10,0 | 10,0 | 8,8 | .    | 3,4 | .    | 10,0 | 9,0 |
| <i>Parmelia tiliacea</i>        | 9,6 | 9,6 | 3,6  | 1,2  | 9,0 | 7,6 | 10,0 | 9,0 | .    | 5,8 | 4,6 | .    | .    | 4,4  | 10,0 | 1,0  | 5,6 | .    | 6,0 | 10,0 | 3,4  | 3,6 |
| <i>Pertusaria albenscens</i>    | 1,0 | 0,6 | .    | 0,2  | .   | .   | .    | 0,2 | .    | .   | 0,8 | .    | .    | .    | .    | .    | .   | .    | .   | .    | 0,8  | 0,8 |
| <i>Pertusaria amara</i>         | .   | .   | .    | .    | .   | .   | .    | .   | .    | .   | .   | .    | .    | .    | .    | .    | 0,4 | .    | .   | .    | .    | .   |
| <i>Pertusaria coccodes</i>      | 0,2 | .   | .    | 0,2  | .   | .   | .    | .   | .    | .   | .   | .    | .    | .    | .    | .    | .   | .    | .   | .    | .    | .   |
| <i>Pertusaria flavida</i>       | .   | .   | .    | .    | .   | .   | .    | .   | .    | .   | .   | .    | .    | .    | .    | .    | .   | .    | .   | .    | .    | .   |
| <i>Phaeophyscia orbicularis</i> | 1,0 | .   | 0,4  | .    | .   | .   | 0,4  | 8,4 | 10,0 | 1,2 | 0,6 | 10,0 | 10,0 | .    | .    | .    | .   | 10,0 | .   | 1,0  | .    | .   |
| <i>Phlyctis argena</i>          | 0,8 | .   | .    | 0,8  | .   | 0,8 | .    | .   | .    | .   | .   | .    | .    | 0,6  | 0,2  | 3,0  | 2,8 | .    | .   | .    | 0,8  | 2,2 |
| <i>Physcia adscendens</i>       | 0,6 | 0,8 | 4,0  | 0,6  | 3,0 | 1,6 | .    | 5,6 | 7,2  | 4,2 | 4,6 | 5,8  | 4,0  | 0,8  | .    | .    | 0,6 | 5,4  | 5,6 | 2,2  | 0,2  | .   |
| <i>Physcia aipolia</i>          | 1,0 | .   | 0,8  | 1,0  | 0,2 | 0,4 | 1,6  | 3,6 | 1,6  | 4,8 | 3,2 | 2,8  | 0,8  | .    | .    | .    | 0,8 | 5,6  | .   | 1,2  | 0,4  | .   |
| <i>Physcia stellaris</i>        | .   | .   | .    | .    | 2,4 | .   | .    | 1,4 | .    | .   | .   | .    | .    | .    | .    | .    | .   | 2,6  | .   | .    | .    | .   |
| <i>Physconia distorta</i>       | 4,6 | 2,2 | 1,8  | 3,0  | 2,8 | 3,8 | 0,2  | .   | .    | 1,2 | 0,8 | .    | .    | 1,0  | 3,0  | .    | 0,2 | 0,6  | .   | .    | 8,0  | 2,8 |
| <i>Physconia enteroxantha</i>   | 6,2 | 1,2 | 2,4  | 5,2  | 3,4 | 1,8 | 1,4  | 6,8 | .    | 7,8 | 6,4 | 4,2  | 0,8  | 0,6  | .    | 1,6  | 2,4 | 3,4  | 2,4 | 2,0  | 3,2  | 6,8 |
| <i>Physconia grisea</i>         | .   | .   | 0,4  | .    | .   | .   | .    | 0,6 | 1,0  | .   | .   | 3,0  | 1,6  | .    | .    | .    | 0,6 | 0,8  | 1,4 | .    | .    | .   |
| <i>Physconia perisidiosa</i>    | 3,6 | .   | .    | 2,0  | .   | 1,2 | .    | 1,4 | .    | 0,8 | 3,8 | .    | .    | .    | 0,6  | .    | 0,8 | .    | .   | 2,6  | 2,0  | 1,8 |
| <i>Physconia venusta</i>        | .   | .   | .    | .    | .   | .   | 2,2  | .   | .    | .   | .   | .    | .    | .    | .    | .    | .   | .    | .   | 0,2  | 2,2  | 1,2 |
| <i>Platismatia glauca</i>       | .   | .   | .    | .    | .   | .   | .    | .   | .    | .   | .   | .    | .    | 0,4  | .    | .    | .   | .    | .   | .    | .    | .   |
| <i>Pleurococcus sp.</i>         | 1,6 | 2,0 | 0,6  | 1,0  | 0,6 | 0,4 | 3,0  | 1,0 | .    | 1,0 | 0,2 | .    | 1,0  | 1,8  | 0,8  | .    | 0,8 | 0,6  | 8,2 | .    | 0,4  | 0,8 |

|                                |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|--------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| <i>Pseudevernia furfuracea</i> | 2,2  | 2,2  | .    | 0,4  | 0,4  | 0,8  | .    | .    | .    | .    | .    | .    | .    | 2,6  | 3,0  | 0,2  | 2,0  | .    | .    | .    | 0,2  | 0,2  |
| <i>Ramalina farinacea</i>      | .    | 0,2  | 1,8  | 3,6  | 0,2  | 0,4  | .    | .    | .    | 0,2  | 0,2  | .    | .    | 0,2  | 0,6  | 0,6  | 1,6  | .    | .    | .    | 4,2  | 4,6  |
| <i>Ramalina fraxinea</i>       | 0,6  | .    | 1,2  | 1,0  | 2,0  | 1,0  | 4,2  | 0,4  | .    | 1,2  | 1,8  | 0,2  | .    | 1,0  | 1,6  | 0,2  | 1,4  | .    | 0,2  | 0,8  | 4,0  | 2,0  |
| <i>Rinodina corticola</i>      | .    | 0,6  | 0,2  | 0,2  | .    | .    | .    | .    | .    | .    | .    | .    | 0,2  | 0,8  | .    | 0,6  | 0,6  | .    | 0,4  | .    | .    | 1,0  |
| <i>Tretenpohlia sp.</i>        | 0,4  | .    | .    | .    | .    | .    | .    | .    | .    | .    | .    | .    | .    | .    | .    | .    | .    | .    | 0,6  | .    | .    | 0,2  |
| <i>Usnea glabrescens</i>       | .    | .    | 0,8  | 0,8  | .    | 0,2  | .    | .    | .    | .    | 0,2  | .    | .    | 0,2  | 0,6  | 1,8  | .    | .    | .    | .    | 4,6  | .    |
| <i>Usnea subfloridana</i>      | .    | 0,6  | 0,2  | .    | .    | .    | 0,6  | .    | .    | .    | .    | .    | .    | 0,6  | 0,4  | .    | 1,4  | .    | .    | .    | .    | 2,6  |
| <i>Xanthoria candelaria</i>    | 0,4  | .    | 1,4  | .    | 0,4  | .    | .    | 2,4  | 10,0 | 2,8  | 0,8  | 10,0 | 1,8  | .    | 0,2  | .    | .    | 8,2  | .    | 1,0  | .    | .    |
| <i>Xanthoria parietina</i>     | 0,2  | .    | 1,2  | .    | 0,6  | 0,6  | .    | 6,6  | 2,8  | 3,4  | 2,8  | 5,6  | 4,4  | .    | 0,6  | .    | .    | 10,0 | 1,8  | 2,8  | .    | .    |
| IPA                            | 59,4 | 55,8 | 61,2 | 59,8 | 60,4 | 53,6 | 57,6 | 60,8 | 39,4 | 53,8 | 62,0 | 54,8 | 42,6 | 46,2 | 51,6 | 39,6 | 64,0 | 55,8 | 52,0 | 36,0 | 79,4 | 73,8 |