

Estimació de la Biodiversitat en el Disc VIRTUE

Pregunta important:

Quines observacions i anàlisis es poden dur a terme amb discos VIRTUE?

Un cop els discos VIRTUE han estat recollits de l'aigua, què es pot fer a l'aula? Una opció és fer una *anàlisi qualitativa* de la biodiversitat i identificar les espècies que es troben creixent en els discos. Això és adequat per a estudiants joves que poden sentir-se fascinats observant als organismes amb lents d'augment, amb estereomicroscopis si hi ha disponibles, o amb els seus mòbils. El professorat pot demanar a l'alumnat de dibuixar els organismes o fer models amb argila.

Per a estudiants majors una *anàlisi quantitativa* de la biodiversitat es pot dur a terme calculant alguns índexs bàsics de diversitat comunament utilitzats en enquestes ecològiques. Aquests índexs proporcionaran als estudiants uns números que poden fer servir per fer comparacions objectives dels discos.

Els índexs de diversitat, les seves definicions i significats:

1. **Riquesa d'espècies (S):** és una mesura del **nombre d'espècies** trobat en una comunitat, en el nostre cas, en els discos. Això es pot obtenir amb només comptar quants organismes diferents es poden trobar en els discos. Encara que és molt fàcil mesurar la riquesa de les espècies, no ens diu molt de les abundàncies i abundàncies relatives de les espècies en els discos.
(Com més espècies hi hagi en els discos, major la riquesa d'espècies).
2. **Índex de Diversitat de Simpson (D):** és una mesura tant de la riquesa com de l'abundància relativa de les espècies en els discos. L'índex de Simpson també és una mesura de domini.
(D generalment està entre 0 i 1. Com més a prop estigui d'1, més gran serà la diversitat).
3. **L'índex de Shannon-Wiener (H):** és com l'índex de Simpson; també mesura la riquesa i abundància de les espècies. A partir de l'índex de Shannon-Wiener, es pot calcular la uniformitat.
(Com més gran sigui H, major serà la diversitat).
4. **La uniformitat (E)** complementa la riquesa de les espècies, ja que ens dóna una imatge de les abundàncies relatives de les diferents espècies representades en els discos.
(E sol estar entre 0 i 1. Com més a prop estigui d'1, més espècies de la mostra són comuns de forma igual, la diversitat és més gran).
5. **L'índex Jaccard (J)** s'usa en comparar la composició d'espècies de dues mostres. No considera l'abundància de les espècies, però analitza com de similars són dues mostres respecte a les espècies trobades.
(Com més a prop estigui J del 100%, més similars són les mostres).

6. **L'índex de Menhinick (D_{Mn})** també és una mesura de la riquesa d'espècies, que té les mateixes deficiències que la riquesa d'espècies (S).
(Com més gran sigui el D_{Mn} més gran serà la riquesa d'espècies).

7. **El nombre Efectiu d'Espècies (ENS)** és una veritable mesura de diversitat amb el nombre d'espècies com a unitat. És el nombre d'espècies en una comunitat amb igual abundància, que dona el valor observat d'un índex de diversitat, D o H. És excel·lent per a comparar les diversitats de diferents mostres. Corregeix la no linealitat de D i H. **(Com més alt sigui el ENS, més diversa serà una comunitat).**

Quin índex i per què?

Això depèn de les preguntes que desitgi respondre. Els índexs introduïts aquí són bastant simples i no presentaran cap problema per a estudiants de secundària, i més grans, calcularlos. El professorat ha de dir als estudiants que no se sentin intimidats per les fórmules perquè en realitat són més simples del que semblen.

Riquesa d'Espècies: La Riquesa d'Espècies (S) és el paràmetre més fàcil de mesurar. És només el nombre d'espècies trobades. Això, però, no diu molt sobre l'estructura de la comunitat. El mateix és cert per l'Índex de Menhinicks (D_{Mn}). Per als estudiants més joves, (S) pot ser la forma "quantitativa" més fàcil i ràpida d'analitzar els discs.

Diversitat d'Espècies: Els índexs de diversitat de Simpson (D) i Shannon-Wiener (H) i el Nombre Efectiu d'Espècies (ENS) només són significatius si es fan servir per més d'una mostra. Aquests s'utilitzen per comparar les diversitats d' almenys dues mostres. D i H són dos índexs, i precisament això, "indiquen" només la diversitat i no són veritables diversitats en si mateixes. La veritable diversitat només es pot expressar amb l'ENS. D i H només són lineals si les espècies de la mostra són totes igualment comuns. Si les espècies no són igualment comuns, no és segur assumir que la diversitat d'una mostra amb una D o H de, per exemple, 2 és dues vegades més diversa que una mostra amb D o H igual a un. En aquest cas, és més apropiat calcular l'ENS.

Comparació de mostres: si es van a comparar mostres D, H i ENS es poden usar i la uniformitat (E) pot dir alguna cosa sobre les abundàncies relatives de les espècies trobades. L'índex Jaccard (J) mostra com de similars són les espècies trobades en dues mostres.

Índex	Fórmula	Variables	Com interpretar els valors obtinguts
Riquesa d'Espècies (S)		nombre total d'espècies trobades	Una S alta vol dir que la mostra és rica en espècies
Simpson (D)	$1 - \frac{\sum (n_i(n_i - 1))}{N(N - 1)}$	n = nombre d'individus per a una espècie donada N = nombre total d'individus de totes les espècies	D sol estar entre 0 i 1. Com més a prop estigui D d'1, major serà la diversitat. Això hauria d'usar per comparar almenys 2 mostres.
Shannon-Wiener (H)	$\sum - (P_i * \ln P_i)$	Pi = fracció de la població composta per espècies i (Calcular Pi per a totes les espècies)	Com més gran és H, més gran és la diversitat. Això s'hauria d'usar per comparar almenys 2 mostres.
Uniformitat (E)	$\frac{H}{\ln(S)}$	H = Shannon-Wiener Index S = Riquesa de les espècies	E sol estar entre 0 i 1. Com més a prop estigui E d'1, més espècies de la mostra són igualment comuns, és a dir, les abundàncies són similars.
Nombre efectiu d'Espècies (ENS)	$\frac{1}{(1 - D)}$	D = Índex de diversitat de Simpson	Com més alt és el ENS, més diversa és una comunitat. Això s'hauria d'usar per comparar almenys 2 mostres.
	$\exp(H)$	H = Índex de Shannon-Wiener	Com més alt és el ENS, més diversa és una comunitat. Això s'hauria d'usar per comparar almenys 2 mostres.
Menhinick (D _{Mn})	$\frac{S}{\sqrt{N}}$	S = Riquesa d'Espècies N = nombre total d'individus de totes les espècies	Com més gran és el D _{Mn} , major és la Riquesa d'Espècies

<p>Jaccard (J)</p>	$\frac{ xx \cap yy }{ xx \cup yy } \times 100$	<p>$xx \cap yy =$ nombre d'espècies compartides entre mostres $xx \cup yy = N =$ nombre total d'espècies trobades</p>	<p>Com més a prop estigui J del 100%, més similars són les mostres en termes d'espècies trobades.</p>
--------------------	--	--	---

Com calcular els Índexs: les fórmules d'un cop d'ull

Càlculs amb la diversitat d'un disc real

Per poder apreciar millor l'aplicació dels Índexs de biodiversitat, comparem dos discos, que s'han col·locat en la mateixa ubicació però en diferents èpoques de l'any.

Les fotos dels següents discos s'utilitzaran com a plantilla per aprendre a fer algunes estimacions de biodiversitat en el disc VIRTUE. La foto de l'esquerra va ser presa d'una part d'un disc VIRTUE que va ser suspès al port interior de Baltimore (Maryland, EE. UU.), durant un període de 4 mesos (març-juny) el 2018. La imatge de la dreta va ser presa des de la mateixa ubicació per un període de 7 mesos (març-setembre) el 2018.



Disc 1 suspès en el port interior de Baltimore des de març fins a juny de 2018 a 1 metre de profunditat



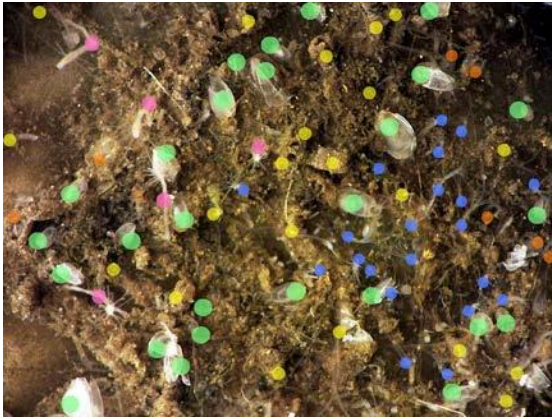
Disc 2 suspès en el port interior de Baltimore des de març fins a setembre de 2018 a 1 metre de profunditat

Immediatament es poden observar diferències entre les dues mostres amb només mirar les imatges. Però què tan diferents realment són? El càlcul de la biodiversitat pot ajudar a fer una interpretació objectiva.

El primer pas és comptar els organismes individuals per a cada espècie. Això es pot realitzar amb un microscopi estereoscòpic o una bona lent macro i una càmera (també amb una càmera d'un mòbil). Si pot prendre una bona foto, pot intentar comptar els organismes amb un programa anomenat ImageJ. Podeu escollir el document apropiat per als seus propòsits des d'aquest enllaç: <https://3.basecamp.com/3696266/buckets/3048171/vaults/849731534>. O examini el disc amb un microscopi estereoscòpic i compti manualment els individus de cada espècie que pugui identificar.

En les imatges a continuació, els individus de cada espècie han estat comptats i marcats amb punts. Els punts de colors representen la presència d'un organisme identificat en el disc. Per als propòsits d'aquest exemple, utilitzem els 5 organismes més obvis per identificar. Podeu trobar altres exemples mentre observa la mostra. Aquí hi ha els significats dels colors:

- Verda- musclo d'aigua salobre
- Blau- briozou (espècie d'habitatges tubulars)
- Rosa- hidroide
- Taronja- peu de cabra
- Groc- poliquets



Després creu una taula per totes les seves dades.

	Disc 1	Disc 2
Organismes trobats	Nombre d'individus (n)	
Musclo d'aigua salobre (verd)	27	39
Briozous (Blau)	21	-
Hidroide (Rosa)	5	-
Peu de cabra (taronja)	7	28
Poliquets (groc)	21	-
Nombre total de individus (N)	81	67

Hi ha algunes estimacions de biodiversitat que són fàcils de conèixer i d'altres que requereixen una mica més de càlcul.

La gran majoria de les estimacions de biodiversitat es basen en tres paràmetres bàsics; **el nombre d'espècies identificades (S)**, **el nombre d'individus de cada espècie (n)**, i **el nombre total d'organismes en una mostra (N)**. Calculi les diferents variables que són necessàries en les fórmules per calcular els diferents Índexs. En el següent exemple calculem les variables per al Disc 1.

Disc 1					
Organismes trobats	No mb re d'in divi dus (n)	Pi n/N	log n (Pi)	Pi * log n (Pi)	n (n-1)
Musclo d'aigua salobre (verd)	27	0.33	-1.10	-0.37	728
briozous (Blau)	21	0.26	-1.35	-0.35	440
Hidroide (rosa)	5	0.06	-2.79	-0.17	24
Peu de cabra (taronja)	7	0.09	-2.45	-0.21	48
Poliquets (groc)	21	0.26	-1.35	-0.35	440
Suma (Σ)	N= 81			-1.45	1680

Ara calculi els Índexs per al Disc 1 usant les Fórmules donades a la Taula 1. Per fer una demostració, hem calculat tots els Índexs en aquesta taula. El tutorial al web de Biofilms and Biodiversity a Maryland Sigui Grant pot ajudar amb alguns d'aquests càlculs (podem incloure els altres en la calculadora un cop que sigui actualitzada en un futur proper). Pot triar Índexs específics que voleu usar, però assegureu-vos d'usar els mateixos Índexs en totes les mostres que es comparen.

Disco 1				
Riquesa d'espècies (S)				5
Simpson (D)		$1 - \frac{\sum u(u-1)}{N(N-1)}$	$\frac{1604}{1 - 81(81-1)}$	0.75
Shannon-Wiener (H)		$\sum - (Pi * \ln Pi)$	- (-1.45)	1.45
Uniformitat (E)		$\frac{H}{\ln(S)}$	$\frac{1.45}{\ln(5)}$	0.90
Nombre efectiu d'espècies (ENS)	Simpson ENSSi	$\frac{1}{(1 - D)}$	$\frac{1}{(1 - 0.75)}$	4.0
	Shannon-Wiener ENSSh	$\exp(H)$	$\exp(1.45)$	4.26

Menhinick (D_{Mn})	$\frac{S}{\sqrt{N}}$	$\frac{5}{\sqrt{81}}$	0.55
Jaccard (J) Disc 1 i Disc 2	$\frac{2}{5} \times 100$	$\frac{2}{5} \times 100$	40%

Calculeu els mateixos valors per al Disc 2 (o totes les seves altres mostres). Els valors calculats per al Disc 1 i el Disc 2 es resumeixen a continuació:

Índex		Disc 1	Disc 2
Riquesa d'espècies (S)		5	2
Simpson (D)		0.75	0.49
Shannon-Wiener (H)		1.45	0.68
Uniformitat (E)		0.90	0.98
Nombre efectiu d'espècies (ENS)	Simpsons ENS_{Si}	4	1.96
	Shannon-Wiener ENS_{Sh}	4.26	1.97
Menhinick (D_{Mn})		0.55	0.24
Jaccard (J)		40 %	

Recordeu, les estimacions són simplement una "instantània" en el temps. A mesura que anem reunint més dades mitjançant el mostreig durant un període de temps més llarg, podrem identificar tendències en els discos VIRTUE.

Anàlisi:

Què volen dir els números?

Riquesa d'Espècies i uniformitat. És bastant obvi que el Disc 1 té més espècies que el Disc 2 tot i que el Disc 2 va tenir un temps d'exposició més llarg que el Disc 1 (3 mesos per al Disc 1 i 6 mesos per al Disc 2). Això es pot veure tant en els valors de S com en els de D_{Mn} . S dona el nombre absolut d'espècies trobades en els discos, mentre que usant els valors de D_{Mn} es pot concloure que el Disc 1 té una Riquesa d'Espècies que és més del

doble que la del Disc 2. La uniformitat (E) d'ambdós discos és alta en 0.9 i 0,98, respectivament. El valor gairebé igual a 1 d'E per al Disc 2 ens diu que les 2 espècies trobades en el disc són gairebé igualment comuns.

Diversitat de les Espècies. Tant el índex de Shannon-Wiener (H) com el de Simpson (D) apunten a una comunitat més diversa en el Disc 1 en comparació amb el Disc 2. Prenent l'Índex de Simpson de 0.75 i 0.49 per als Discos 1 i 2, respectivament, podem concloure (erròniament) que hi ha aproximadament una diferència de 35% en la diversitat entre el Disc 1 i el Disc 2. No obstant això, mirant el ENSSi (disc 1 = 4 i disc 2 = 1.96), la disminució és en realitat al voltant del 50%. Per tant, hi ha una subestimació de la disminució de la diversitat.

La diferència en el índex de Shannon-Wiener per al Disc 1 ($H = 1.45$) i el Disc 2 ($H = 0.68$) és del 53% i la diferència en ENSSh (Disc 1 = 4.26 i Disc 2 = 1.97) també es tracta el 54%. Per tant, prendre el índex de Shannon-Wiener en aquest cas és més fiable que calcular només el índex de Simpson.

La fiabilitat de l'índex de Shannon-Wiener rau en el fet que **H** considera totes les espècies presents a la mostra, mentre que el índex de Simpson de vegades pot ignorar espècies rares o espècies amb números relativament baixos.

Vegem l'ENS, S i l'E del disc 2. La $S = 2$ i l' $E = 0.98$. La E diu que les 2 espècies són gairebé igualment comuns, de manera que mirant tant $ENS = 1,97_{sh}$ com 1.96_{si} , aquestes són gairebé 2, per tant $ENS = S$. ($ENS = S$ si totes les espècies són igualment comuns). No obstant això, encara hi ha un grau de dissimilitud en els valors de ENS and S, el que significa que hi ha un cert grau de domini. Com més grans siguin les diferències en **S**, **ENSSi** i **ENSSh**, major serà el grau de domini. Dels nostres resultats podem dir que el grau de domini és més gran en el Disc 1 que en el Disc 2, o que algunes espècies al Disc 1 són més dominants que altres.

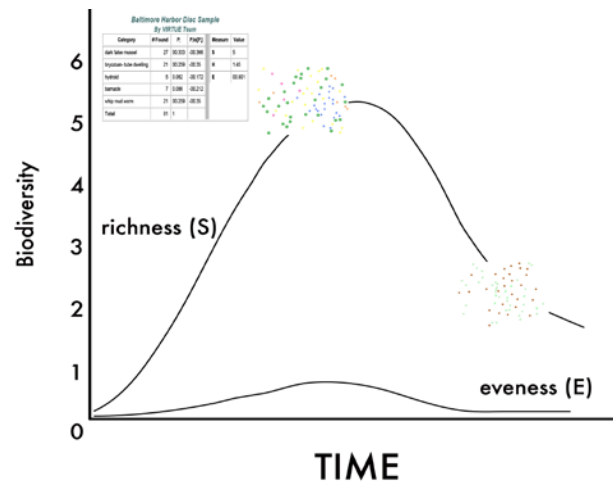
Grau de similitud. D'acord amb l'Índex Jaccard (J), els dos són només moderadament similars pel que fa a la composició d'espècies. El grau de similitud no és molt alt.

Discussió dels resultats: el port de Baltimore està molt afectat per la contaminació i, amb el temps, la diversitat de discos ha anat representat de forma regular una "Diversitat de Domini", com ho il·lustra la colonització en el Disc 2 i el domini dels musclos. En aquest cas, alguns fonaments de l'ecologia (Fundamentals of Ecology, de Odum, 1953) poden ser útils per a l'anàlisi.

El disc 1 també es pot veure com l'etapa mitjana de colonització, l'etapa de transició, després de la colonització de les espècies pioneres, com els bacteris i les microalgues. Durant aquesta etapa s'esperen més espècies. Durant les últimes etapes de la colonització, algunes espècies s'han assentat, desplaçant algunes de les altres espècies, que no van tenir èxit en l'adaptació al nou entorn. Això és seguit per la competència per l'espai i persisteixen les espècies amb més èxit, en aquest cas els musclos i els peu de cabres, i això porta a una disminució de la Riquesa d'Espècies i, al seu torn, a una menor diversitat.

Vegi un exemple de representació a continuació. El gràfic (a continuació) mostra com es poden representar les dades de biodiversitat dels discos (punts de les estimacions de comptatge) utilitzant S (Riquesa d'Espècies) i E (uniformitat). El gràfic pot ajudar a

il·lustrar com les estimacions de biodiversitat al llarg del temps es poden usar per a jutjar la salut general d'un entorn.



Aquestes dades es poden descriure amb més detall utilitzant el lloc web de Biopel·lícules i Biodiversitat com a referència i altres recursos web com els següents:

Registre mundial d'espècies marines introduïdes:

http://www.marineespecies.org/introduced/wiki/Medidaments_of_biodiversitat

Per càlculs en línia de biodiversitat, aneu a:

