

La tesi di laurea in chimica

Come scriverla e come presentarla oralmente: consigli agli
studenti

Guido Galletti

Febbraio, 2001

Indice

<i>Premessa</i>	3
LA PRESENTAZIONE SCRITTA	3
<i>Il montaggio</i>	4
<i>Lo stile</i>	7
<u>Risultati e discussione</u>	7
<u>Materiali e metodi</u>	8
<u>Introduzione</u>	8
<u>Conclusioni</u>	9
<u>Didascalie</u>	9
<u>Bibliografia</u>	10
<i>Riassunto</i>	12
LA PRESENTAZIONE ORALE	13
<i>La vostra persona</i>	13
<i>Il materiale audiovisivo</i>	15
<u>L'elenco delle slide</u>	16
<u>La creazione delle slide</u>	16
<u>Lo stile delle slide</u>	17
<i>Il vostro discorso</i>	18
<i>Conclusione</i>	20

La tesi di laurea in chimica

Come scriverla e come presentarla oralmente: consigli agli studenti

Guido Galletti

Premessa.

Un ottimo lavoro sperimentale può essere rovinato da una cattiva esposizione scritta. E' superfluo che abbiate messo a punto un metodo, una sintesi o abbiate fatto una scoperta scientifica, se non siete in grado di comunicare bene agli altri i vostri risultati. Quello che i lettori e gli uditori (relatori, esaminatori, datori di lavoro, etc.) capiscono dalla vostra relazione scientifica è più importante di ciò che avete ottenuto dai vostri esperimenti. Se non sapete comunicarlo bene, cioè in modo chiaro e comprensibile, per iscritto e oralmente, il vostro esperimento non è mai esistito. Se volete comunicare qualcosa a qualcuno e questi non vi capisce, siete voi ad avere un problema.

Ho letto decine di tesi di laurea, alcune veramente ben scritte, molte purtroppo lacrimevoli. Ho visto e ascoltato le presentazioni orali di laureandi, alcuni brillanti altri impacciati. Provo a darvi una serie di suggerimenti che, spero, possano aiutarvi ad impostare correttamente il vostro elaborato di tesi, scrivendolo in maniera chiara e concisa e presentandolo in modo efficace. Ho pensato a questi consigli per gli studenti del corso di laurea in chimica dell'Università di Bologna, ma credo che possano trarne utili indicazioni anche gli studenti di altre discipline scientifiche.

LA PRESENTAZIONE SCRITTA

Gli strumenti per scrivere una tesi di laurea sono (A) i risultati degli esperimenti e (B) la conoscenza dell'italiano. Se i vostri risultati sono sbagliati o se non conoscete bene ortografia e sintassi, queste note vi saranno di poco aiuto. Sarà meglio che ripetiate gli esperimenti o studiate l'italiano prima di andare avanti in questa lettura.

Ammesso che abbiate sufficienti risultati e conoscenza dell'italiano, fondamentali per la scrittura corretta della tesi diventano (I) il montaggio (l'indice, l'ordine logico o temporale) e (II) lo stile.

Il montaggio.

Per prima cosa annotate su un foglio di malacopia gli obiettivi che volevate raggiungere, cioè la tesi, appunto, che volevate dimostrare. Adesso scrivete gli obiettivi che vi sembra di avere raggiunto con gli esperimenti che avete fatto. Le due serie potrebbero non corrispondere: potreste non avere raggiunto certi obiettivi che vi eravate prefissi per mancanza di tempo, oppure perché i risultati che avete ottenuto non sono conclusivi, oppure ancora perché durante il lavoro sperimentale avete cambiato rotta e avete preferito perseguire qualcosa di più interessante di ciò che vi eravate prefissi all'inizio.

Il vostro scritto definitivo conterrà soltanto gli obiettivi effettivamente raggiunti. Non lasciatevi tentare nemmeno dall'idea di spiegare perché gli scopi che vi eravate prefissi all'inizio non sono stati perseguiti, anche se vi sembra di avere ragioni validissime. Elencando intenzioni rimaste tali, potreste generare confusione nel lettore e domande critiche nell'esaminatore, quali ad esempio:

perché avete abbandonato quell'obiettivo? Come influirebbe sui vostri risultati la conoscenza dei risultati degli esperimenti non fatti? Perché non fate questi esperimenti prima di laurearvi? C'erano tante altre cose da fare: la tesi è povera. E via dicendo. Scrivere soltanto gli obiettivi che avete effettivamente raggiunto rispetto a quelli che vi eravate prefissati non è un falso ideologico.

Scrivete adesso sul foglio di malacopia i 5 capitoli fondamentali di ogni relazione scientifica, lasciando molto spazio tra l'uno e l'altro:

1. Introduzione;
2. Materiali e Metodi;
3. Risultati e Discussione;
4. Conclusioni;
5. Bibliografia.

Potreste avere gli argomenti più diversi, i risultati più vari, i settori più disparati: questi 5 capitoli sono fondamentali e la loro denominazione non muta. Essi stanno ad una tesi di laurea in chimica come le posizioni prima, seconda, terza, quarta e quinta stanno alla danza classica; portiere, difesa, centrocampio e attacco al calcio; fili esterni e interni, avanti e indietro al pattinaggio artistico.

Lo spazio che avete lasciato tra un titolo e l'altro vi serve a scrivere i titoli di tutti i sotto-capitoli in ordine d'importanza secondo il seguente formato:

1. Introduzione.
 - 1.1.
 - 1.2.
 - 1.2.1.
 - 1.2.2.

2. Materiali e Metodi.

Etc.

A meno che non abbiate l'indice già ben chiaro nella vostra testa, vi consiglio di iniziare a scrivere la tesi a partire dal capitolo 3, Risultati e Discussione. In questo capitolo, i sotto-capitoli saranno costituiti dagli obiettivi che riterrete di avere raggiunto con i risultati del vostro lavoro sperimentale.

Ad esempio, se i vostri obiettivi (quelli che avete raggiunto) sono: 1) la messa a punto di un nuovo metodo analitico per l'analisi di inquinanti in acqua, 2) il confronto di questo metodo con altri metodi convenzionali e 3) la caratterizzazione di campioni d'acqua provenienti da vari acquedotti, scrivete i titoli dei seguenti sotto-capitoli:

3. Risultati e Discussione.

3.1. Messa a punto del metodo.

3.2. Confronto con metodi convenzionali.

3.3. Caratterizzazione di campioni reali.

A questo punto scrivete i titoli dei sotto-capitoli del capitolo 2, Materiali e Metodi, i quali conterranno la descrizione di tutti gli esperimenti, e soltanto quelli, necessari ad ottenere i risultati che esporrete nel capitolo 3. Per seguire l'esempio precedente, se il vostro lavoro sperimentale è consistito nel costruire delle curve di calibrazione utilizzando composti di riferimento, nell'usare 3 tecniche sotto determinate condizioni strumentali, nell'eseguire analisi statistiche sui risultati e nel prelevare campioni d'acqua, il capitolo 2 si potrebbe presentare come segue:

2. Materiali e Metodi.

2.1. Soluzioni di riferimento.

2.2. Campionamento.

2.3. Condizioni strumentali.

2.4. Analisi statistiche.

Infine scrivete i titoli dei sotto-capitoli dell'introduzione, che potranno essere i più vari. Uno è senz'altro intitolato agli obiettivi della tesi (e che dovranno corrispondere anche nelle parole a quelli elencati in Risultati e Discussione). Gli altri dipendono dall'argomento di tesi. Non riesco a darvi un elenco generale. Per restare all'esempio precedente, potreste fornire informazioni sul problema ambientale costituito dagli inquinanti che volete determinare col vostro metodo innovativo, sulle soluzioni strumentali adottate finora, sui loro vantaggi e svantaggi e sui potenziali vantaggi della tecnica che volete introdurre.

In questo modo avete impostato l'indice della tesi, avete scritto cioè il titolo di tutti i capitoli e sotto-capitoli. Il lavoro che avete fatto è importantissimo per una buona scrittura, perché stabilisce un ordine logico tra le varie parti della tesi, definite, per quanto riguarda i capitoli fondamentali, da titoli convenzionali accettati e comprensibili universalmente dalla comunità scientifica. Adesso dovete scrivere i contenuti e, ammesso che sappiate cosa scrivere, dovete farlo con lo stile migliore possibile.

Lo stile.

Lo stile scientifico è asciutto, semplice, privo per quanto possibile di aggettivi, impersonale, non equivoco, rigoroso. Soprattutto, lo stile scientifico è breve. Tutte le volte che potete riferirvi a lavori svolti in precedenza, senza che ciò vada a nocimento della chiarezza, fatelo: è meglio citare un riferimento

bibliografico piuttosto che consumare parole in descrizioni superflue. Mentre nel buon italiano le ripetizioni sono da evitare, nelle relazioni scientifiche il ripetere ciò che è stato già chiamato una volta con un determinato nome o perifrasi aiuta a rendere la comprensione non equivoca. In altre parole, non abbiate timore a chiamare le cose sempre con lo stesso nome. Non affannatevi a trovare sinonimi o a cambiare le frasi con le quali volete dire le stesse cose: generereste confusione nel lettore.

Cercate di costruire frasi brevi, sono più chiare, e fate attenzione al tempo del verbo. Trattandosi di esperimenti, consiglieri di usare il passato prossimo (ad esempio, il metodo A “ha mostrato” di non essere significativamente diverso dal metodo B). Il tempo presente potrebbe suggerire in chi legge l’idea che il metodo A è “sempre” non significativamente diverso da B, mentre voi intendevate dire che così è stato nel vostro esperimento, ma chissà come sarà in altri esperimenti diversi.

Risultati e discussione.

Scrivendo i risultati, vi consiglio di seguire il seguente schema: (a) figura o tabella, (b) che cosa mostra e (c) commenti. In pratica, citate una figura o tabella con i risultati che intendete esporre e commentare, dite che cosa mostra, commentatela. Man mano che scrivete i risultati, ove necessario, annotate a margine autore e anno del riferimento bibliografico. Questo vi servirà quando dovrete scrivere la bibliografia, il capitolo 4.

Materiali e metodi.

Scrivendo il capitolo Materiali e Metodi, dovete pensare di fornire una vera e propria ricetta. Chi leggesse la vostra tesi in futuro e non avesse esperienza dell'argomento trattato, deve essere in grado di ripetere l'esperimento senza chiedere aiuto a nessuno. Nessun commento o risultato o considerazione deve essere incluso in questa sezione. Il capitolo 2 deve contenere soltanto la ricetta: una descrizione accurata di ciò che avete fatto manualmente o strumentalmente per ottenere i risultati che avete esposto nel capitolo successivo. Evitate però la pedanteria. Chi ripeterà l'esperimento sarà un chimico giunto almeno al vostro grado di esperienza, non una matricola di lettere e filosofia. Dite quindi che avete prelevato 2 mL con una pipetta graduata, ma non scrivete come si esegue un prelievo con pipetta (si aspira con la bocca o si usa una pro-pipetta?).

Introduzione.

Il capitolo Introduzione deve servire a capire il contesto in cui si inserisce l'esperimento, informare sullo sfondo scientifico, sullo stato dell'arte, sugli obiettivi del lavoro. Deve essere esauriente, ma non stupidamente lungo. Soprattutto non deve dare l'impressione di un'accozzaglia di informazioni raccogliette e ammassate senza criterio solo per fare vedere che avete letto molto o, peggio, che volete scrivere molto. Una tesi in cui ci siano 30 pagine introduttive e 10 pagine per gli altri 3 capitoli è una tesi scritta male. Ho letto tesi in cui questo rapporto era ancora più sbilanciato. Non mi sono piaciute per niente. Secondo me una buona tesi dovrebbe avere un rapporto tra introduzione e resto della tesi non superiore al 20 o 30%, per intenderci al massimo 2 o 3 pagine di introduzione ogni 10 pagine complessive degli altri capitoli.

La prima volta in cui dovete scrivere una sigla o un'abbreviazione, mettetela tra parentesi, scrivendo subito prima per esteso il nome o i nomi a cui si riferisce, ad esempio gas cromatografia / spettrometria di massa (GC/MS). Da quel momento in poi usate solo la sigla o l'abbreviazione. Se ce ne sono troppe ovvero se queste sottendono un concetto, una spiegazione lunga, potrebbe essere conveniente scrivere un glossario alla fine della tesi, dopo il capitolo 4. In questo caso, il capitolo "Glossario" non sarà preceduto da alcun numero e conterrà tutte le sigle in ordine alfabetico con la spiegazione a fianco.

Conclusioni.

In poche righe dovete trarre le conclusioni del vostro lavoro. Attenzione: in questo capitolo non dovete ripetere ciò che avete già scritto in Risultati e Discussione o nell'Introduzione. Le conclusioni sono le conclusioni, e basta, non sono una ripetizione degli obiettivi che vi eravate prefissi o dei risultati che avete ottenuto. Enunciate qui il punto fermo che credete di avere raggiunto con i vostri risultati sperimentali, l'applicazione o l'utilità che i risultati potrebbero avere nella pratica ed, eventualmente, il lavoro che sarebbe necessario fare per approfondire o completare la ricerca.

Didascalie.

Le didascalie devono essere brevi, ma chiare. Scrivendole, pensate di rendere il più possibile comprensibili figure (e tabelle) al lettore che le guardi senza avere letto il testo. Scrivete la didascalia sotto la figura e sopra la tabella. Ove possibile, cercate di accorpare figure che presenterebbero una didascalia quasi identica. Ad esempio, se volete presentare la risposta alla determinazione di un

inquinante degli apparecchi identificati con le sigle MIMS e MTF-MS, fissate tutte le altre condizioni sperimentali (ad esempio, tempo, temperatura, mezzo, etc.), è preferibile che mostriate una sola figura e, sotto, una sola didascalia che dica pressappoco così: “Determinazione di cloroformio (5 ppb) in acqua (A) con sistema MIMS e (B) con sistema MTF-MS”. Usate questo criterio per le figure tutte le volte che serve a risparmiare spazio senza che ciò renda la relazione meno comprensibile. Per la scelta del carattere vi consiglio di attenervi all’esempio allegato.

Bibliografia.

Per quanto riguarda la bibliografia, non voglio tediarvi con i criteri adottati in campo internazionale nelle citazioni bibliografiche. Esistono dei formati standard, ma le stesse riviste scientifiche (l’avrete notato, se avete letto alcuni articoli arrivando fino in fondo) riportano la bibliografia secondo stili variabili. Tuttavia, come per l’indice, anche per l’insieme delle citazioni bibliografiche esiste una serie di informazioni fondamentali, che non potete fare a meno di fornire se volete essere corretti. Citate un articolo di rivista come segue:

- 1) Autore (cognome per esteso e nome/i abbreviato/i);
- 2) Titolo della rivista (abbreviato secondo standard internazionali);
- 3) Numero del volume della rivista;
- 4) Pagina iniziale dell’articolo (se volete, anche quella finale separata da un trattino);
- 5) Anno di pubblicazione.

Se invece dovete citare un libro, o un capitolo di un libro, le informazioni fondamentali sono le seguenti:

- 1) Autore (cognome per esteso e nome/i abbreviato/i);
- 2) Titolo del capitolo;
- 3) Titolo del libro (preceduto da “In:” qualora ne citiate un capitolo);
- 4) Editore (se si tratta di un libro con un editore e capitoli scritti da diversi autori);
- 5) Casa editrice e luogo di pubblicazione;
- 6) Pagine del capitolo;
- 7) Anno di pubblicazione.

Per quanto riguarda il formato (caratteri usati, uso del grassetto o del corsivo, ordine esatto nel quale elencare tutte le informazioni di cui sopra), vi consiglio di adottare quello dell’esempio allegato. Siate coerenti, cioè, una volta scelto un formato, usate sempre quello.

Potete fare la citazione nel testo in due modi: (A) mettendo un numero all’apice in fondo alla frase o al periodo che volete ascrivere al riferimento bibliografico, ad esempio: “E’ noto che il metodo più usato per la determinazione di composti volatili in acqua è lo spazio di testa¹”; oppure (B) scrivendo per esteso fra parentesi il cognome dell’autore e l’anno separati da una virgola, ad esempio: “ E’ noto che il metodo più usato per la determinazione di composti volatili in acqua è lo spazio di testa (Galletti, 1996)”. Il metodo (A) è più sintetico. Il suo svantaggio principale è che, dovendo inserire o rimuovere riferimenti, siete costretti a rivedere tutta la numerazione, sia nel testo che nel capitolo Bibliografia. Fate molta attenzione, controllate più volte la numerazione nel testo e in bibliografia: le sviste sono sempre in agguato. Il metodo (B) è in apparenza più faticoso perché vi costringe ad aprire parentesi e a scrivere nomi, ma è più pratico perché la bibliografia

viene elencata in ordine alfabetico. L'eventuale inserimento o rimozione di riferimenti non vi costringe ad alterare la numerazione, semplicemente perché non esiste. Se scegliete questo stile le regole che dovete seguire sono le seguenti:

- 1) Bibliografia in ordine alfabetico e di data di pubblicazione, mettendo il cognome per esteso e il/i nome/i abbreviati, ad esempio:

Galletti, G.C. ... (1999);

Galletti, G.C. e Rossi, M. ... (2000);

Rossi, M. ... (2000);

Rossi, M., Bianchi, P. e Verdi, S. ... (2001).

- 2) La citazione nel testo, a seconda che vi sia un solo autore, due o tre;

(Galletti, 1999);

(Galletti e Rossi, 2000);

(Rossi *et al.*, 2001).

Ricordate infine che la corrispondenza tra riferimenti citati nel testo e quelli inseriti nel capitolo Bibliografia deve essere biunivoca. Non sognatevi di mettere un riferimento nel testo che non riportate in bibliografia o avere un riferimento bibliografico che non citate nel testo. La corrispondenza tra i riferimenti è facilissima da controllare per un esaminatore o un contro-relatore. Una carenza vi qualificherebbe immediatamente quanto meno come sciatti.

Riassunto.

Il riassunto è di gran lunga la parte più importante del vostro scritto. Tenete presente che pochi, per non dire nessuno, hanno tempo e voglia di leggere l'intera dissertazione, ma tutti leggono il riassunto, perché sono curiosi ovvero

perché vogliono essere preparati prima di ascoltarvi o di giudicarvi, facendo poca fatica. Nello scrivere il riassunto vi conviene quindi avere una cura ancora maggiore che nello scrivere la tesi. Dal riassunto è possibile inoltre valutare una qualità molto importante: la vostra capacità di sintesi.

Cosa non deve essere un riassunto? Primo, non deve essere un “copia-e-incolla” dalla tesi; secondo, non deve superare le 5 o 6 pagine; terzo, per rispettare questa lunghezza, non deve essere scritto con un carattere piccolissimo e con “spazio singolo”. In poche parole, come dicevo prima, il riassunto deve essere un vero esercizio di sintesi e di chiarezza. Nel riassunto dovete includere una breve descrizione del problema scientifico, una breve descrizione del metodo, e i risultati più importanti. In pratica, dovete fornire al lettore uno strumento con il quale egli possa rendersi conto rapidamente (i) del settore nel quale si colloca la vostra sperimentazione, (ii) dei problemi da affrontare e (iii) delle soluzioni che proponete, (iv) delle procedure sperimentali che avete adottato e infine (v) dei risultati che avete ottenuto. Come sceglierete le figure e le tabelle con le quali necessariamente dovete illustrare i risultati? Includerete soltanto quelle più rappresentative, introducendole con una frase che suona più o meno così: “Si riporta a titolo d’esempio la figura X che mostra ...”.

Potrebbe facilitarvi l’esercizio della sintesi lo scrivere il riassunto dopo che avete pensato alle diapositive o ai trasparenti per la presentazione orale. In ogni caso, scrivendolo, pensate di comporre qualcosa affinché chi lo legge possa seguire la vostra esposizione orale nella malaugurata ipotesi che non funzionassero i mezzi audiovisivi (lavagna luminosa, computer, proiettore per diapositive). Questo è proprio quello che successe alcuni anni fa ad un mio

laureando il quale si trasse brillantemente d'impaccio invitando tutta la commissione ad ascoltarlo sfogliando il riassunto. Fece un figurone.

LA PRESENTAZIONE ORALE

Ricordate quello che vi ho detto all'inizio circa l'importanza dello scritto? Bene, la presentazione orale sta allo scritto, come quest'ultimo sta ai risultati sperimentali. Un ottimo lavoro sperimentale può essere rovinato da una cattiva scrittura e, a sua volta, una buona scrittura può essere rovinata da una cattiva presentazione orale. In pratica, la presentazione orale è la conclusione vera di tutto il vostro lavoro, di tutti i vostri sforzi. Spesso vengono anche i parenti a vedervi. Per nessuna ragione al mondo vorreste fare brutta figura. Si tratta dunque, come si suole dire, di chiudere in bellezza. Probabilmente, dopo che avete superato tanti esami orali, avrete acquisito anche un po' di mestiere. Tuttavia, è bene chiarirlo subito, l'esposizione della tesi non è un esame: siete voi che avete una storia da raccontare e dovete raccontarla bene.

Dovete pensare all'esposizione orale della vostra tesi come ad una scena teatrale: voi siete gli attori, la commissione è il pubblico e l'aula è il palcoscenico. Nel poco tempo che vi è concesso (generalmente una ventina di minuti a cui seguono poche domande) dovete cercare: primo, di attrarre l'attenzione del pubblico su quello che state dicendo; secondo, di essere chiari; e, soprattutto, terzo, di essere convincenti. Per raggiungere questi obiettivi, potete contare sulla vostra persona, sul materiale audiovisivo e sul vostro discorso. Diamo naturalmente per scontato che il contenuto della vostra tesi sia solido. Se così è, una buona presentazione orale non farà che accrescere il

valore del vostro lavoro. Se il lavoro non è dei migliori, con una buona presentazione avrete riconosciuto dalla commissione almeno il merito della diligenza. Questa è di per se stessa una qualità non da poco in un mondo dominato dal pressappochismo.

La vostra persona.

Dovete apparire curati. Intendo, per curati, puliti, pettinati e vestiti con decoro. Ricordate: l'abito, nel vostro caso, fa il monaco. Lasciate ai geni e ai premi Nobel la libertà di presentarsi in maniche di camicia, con le unghie sporche, la barba lunga e spettinati. Qualcuno dirà che quello che conta sono i risultati che avete da esporre. Verissimo. Ma prima di parlare, quello che parla è la vostra persona. Un'apparenza dignitosa vi risparmierà la fatica di dovere rimontare quel, sia pur piccolissimo, svantaggio. Fosse anche recuperabile col primo trasparente, perché vorreste fare fatica in più? In commissione vi potrà essere chi tollera o plaude agli anticonformisti, ma, senza dubbio, nessuno avrà niente da eccepire se siete dignitosi. In ultima analisi, essere dignitosi è un segno di riguardo verso chi vi ascolta.

Nello scegliere come volete apparire, ricordate che l'attenzione della commissione deve essere rivolta a ciò che state raccontando, non deve essere catturata dalla vostra persona. Evitate abbigliamenti o make-up stravaganti che potrebbero distrarre chi vi ascolta: “Che strana cravatta!”, “Che eye-liner originale!”, e via andando – i commissari - altrove con la mente.

Sia che siate di fronte ad una lavagna luminosa o al monitor di un computer, dovete essere eretti, disinvolti e dovete parlare rivolgendovi anche con lo sguardo alla commissione. Evitate di leggere pedissequamente i

trasparenti (vedi *Materiale audiovisivo*) e fissare la lavagna luminosa, lo schermo o il monitor, quasi voleste nascondervi. Dareste un'impressione di insicurezza. Un portamento sciolto è frutto di allenamento: allenatevi dunque a parlare usando lavagna luminosa o computer. E' meglio che facciate almeno una prova generale nell'aula in cui avverrà la discussione della tesi.

Immaginatevi la commissione presente e provate la scena. Ad esempio, state davanti alla lavagna luminosa e al contempo siate visibili dalla commissione; non oscurate lo schermo con il corpo o con la mano sulla lavagna luminosa; provate il volume e il tono della voce, per evitare di sembrare timidi ovvero degli imbonitori da mercato.

Quando avete sistemato la vostra prima trasparenza e siete pronti a partire, guardate il presidente della commissione (siede al centro, ha il microfono davanti) come per dirgli “sono pronto” e attendete il suo cenno per cominciare. Dite “buongiorno” prima di iniziare a parlare. Questo è anche un modo per avvisare gli altri commissari che state per incominciare. In generale all'inizio c'è sempre un po' di confusione: cambio di relatori, qualche chiacchiera, alcuni commissari non si sono accorti che state per incominciare. Eventualmente, dopo avere salutato, attendete qualche secondo guardando la commissione. Chi era distratto si preparerà ad ascoltarvi e, se non se ne accorge ancora, sarà lo stesso presidente ad invitare a prestarvi attenzione. Tutti staranno così a sentire almeno le prime frasi, quelle in cui accennate alla problematica scientifica e agli scopi della vostra tesi. Un primo obiettivo è stato raggiunto. Si tratta ora di mantenere viva l'attenzione della commissione e di essere chiari, concisi e convincenti. Per queste cose occorre lavorare sul materiale audiovisivo e sul discorso.

Il materiale audiovisivo.

Normalmente le tesi di laurea in materie scientifiche necessitano, per l'esposizione orale, del supporto di trasparenti da proiettare usando la lavagna luminosa. Ultimamente è frequente l'uso di programmi di presentazione dal computer collegato direttamente ad un proiettore. I vantaggi delle trasparenze sono la semplicità d'uso della lavagna luminosa, la luminosità dell'immagine proiettata e, se occorre, un certo che di informale nella presentazione. Gli svantaggi sono il costo elevato, la lentezza dei cambi e la confusione che può crearsi specialmente con la tensione del giorno della laurea. E' difficile che le ritroviate in ordine per ripresentarne una nel caso una domanda lo richieda. Io vi consiglio di usare PowerPointTM. Vi costa nulla se usate quello disponibile nel gruppo presso il quale avete svolto la vostra tesi ed è molto più flessibile e ordinato. Perdete un poco in luminosità, ma questo, se seguite i miei consigli, non vi penalizzerà. Ammettiamo, d'ora in poi, che scegliate la presentazione mediante diapositive (slide) PowerPointTM.

Per una presentazione di 20 minuti, le slide non devono essere più di una trentina. E' chiaro che questo numero può variare in funzione della vostra velocità di esposizione e del tempo che occorre per illustrare ogni diapositiva (per un semplice titolo occorreranno pochi secondi, su una tabella o su un grafico vi potete soffermare alcuni minuti). Questo è lo spazio/tempo che avete a disposizione per illustrare in maniera esauriente e comprensibile il vostro lavoro.

L'elenco delle slide.

Prendete un foglio di carta e scrivete i titoli dei capitoli fondamentali della tesi (introduzione, materiali e metodi, risultati e discussione) lasciando molto spazio tra l'uno e l'altro. Omettete il capitolo "Bibliografia" e introducete in fondo il capitolo "Conclusioni". Partendo come sempre dai risultati suddivisi secondo gli obiettivi raggiunti, scrivete il titolo delle slide che volete proiettare. I risultati che ritenete più importanti lasciateli per ultimi in modo da concludere in bellezza la vostra relazione. Il meglio mettetelo all'inizio ed alla fine della presentazione. Ancora una volta è importante il modo in cui vi presentate all'inizio e quindi le prime slide. Inoltre, generalmente quello che si ricorda di una presentazione scientifica sono le ultime informazioni descritte.

Scrivete ora i titoli delle slide per il capitolo materiale e metodi, considerando che non dovranno mancare una descrizione degli strumenti e delle condizioni operative e una descrizione dei materiali e/o dei metodi (ad esempio, campioni, procedura di trattamento dei campioni, etc.). Scrivete i titoli delle slide dell'introduzione, che non devono essere troppe. Non bisogna che ritardiate l'entrata nel vivo della presentazione con un'introduzione eccessivamente lunga. Nella prima slide scrivete il titolo della tesi e il vostro nome. La presentazione termina con la slide intitolata "Conclusioni" o con quella dedicata ai "Ringraziamenti". Quest'ultima la scrivete solo se dovete ringraziare, che so, una ditta che vi ha fornito gratis uno strumento senza il quale non avreste potuto svolgere il lavoro. Non ringrazierete certamente il relatore, il correlatore, i genitori, gli zii e i fidanzati per la pazienza che hanno avuto con voi. Contate le slide. Potrebbero essere molte più di 30. Non

preoccupatevi. Cominciate a crearle, poi si vedrà. Vedrete alla fine cosa si può omettere, cosa si può riassumere per risparmiare tempo.

La creazione delle slide.

Nel creare le slide, tenete ben presente che una slide non rappresenta un spazio, ma un tempo. E' inutile che anziché fare, ad esempio, 3 slide ne facciate una sola piena zeppa di dati. Avrete ottenuto soltanto di usare un sacco di tempo parlando di quella slide che, oltretutto, sarà molto meno comprensibile di tre slide separate. Perché la regola aurea è che una slide deve contenere poche informazioni per essere leggibile e comprensibile. Una slide molto densa è poco chiara per due motivi: primo, il carattere, necessariamente più piccolo, è poco leggibile a grande distanza; secondo, l'uditore tende a volere leggere tutto in una volta e così o non capisce niente o non vi sta ad ascoltare. Forse si irrita anche, perché, quando ha quasi finito di leggere tutto, voi passate alla slide successiva.

L'altra regola fondamentale è che una slide, con l'eccezione di quelle in cui riportate delle condizioni sperimentali, queste sì rigorosamente elencate, non deve contenere un testo da leggere, ma solo dei titoli. Sarete voi ad illustrarli, a spiegarli, ad ampliarli con le vostre parole. La slide deve essere un supporto per voi e per chi vi ascolta. Non dovete in alcun modo dare l'impressione di leggere soltanto quello che c'è scritto nella slide. Provando il discorso, prima a mente e poi ad alta voce, e scorrendo nel frattempo le slide, vi renderete conto se sia necessario toglierne, aggiungerne o apportarvi delle modifiche.

Lo stile delle slide.

Arrivati alle slide definitive, potete pensare alla forma in cui presentarle. Scegliete innanzitutto uno sfondo il più chiaro possibile per dare luminosità all'immagine e una scritta la più scura possibile per ottenere contrasto. La combinazione di sfondo chiaro e scritte scure, rare e grandi conferirà chiarezza alla slide. Usate le animazioni con parsimonia. Possono esservi utili per fare apparire uno dopo l'altro i punti di un elenco e darvi così il tempo di dire due parole su ciascuno prima di passare al successivo. Un uso eccessivo di animazioni è controproducente: primo, stanca; secondo, dà l'impressione che abbiate pensato di più alle animazioni che ai contenuti. Vale il discorso fatto all'inizio di quest'appendice: non dovete distogliere l'attenzione della commissione dal vero scopo della vostra presentazione, cioè illustrare i risultati del vostro lavoro sperimentale. Per le animazioni, così come per i caratteri, i punti-elenco e i colori, siate coerenti. Stabilite un criterio cromatico e nei caratteri corrispondente, ad esempio, all'importanza dei titoli e dei sotto-titoli. E seguite sempre quello.

Il lavoro conclusivo consiste nel “legare” le varie slide per dare a chi vi ascolta la possibilità sia di ricordare senza sforzo dove siete con la presentazione, che di seguire la logica con la quale avete montato le slide. Vi consiglio di creare una slide con l'elenco dei capitoli fondamentali della vostra presentazione e di riprodurla all'inizio di ogni capitolo, evidenziando con un colore diverso il capitolo a cui si riferisce la parte che segue (si veda l'esempio allegato). Date un titolo ad ogni slide, usando, con la coerenza di cui si parlava prima, il carattere più grande. Sopra al titolo, separato da una riga, scrivete con un carattere più piccolo il titolo del capitolo nel quale rientra la slide. Chi legge

potrà così avere sempre presente a che punto siete con la trattazione (si veda l'esempio allegato).

Avrete ormai capito che arriverete a perfezionare le vostre slide solo attraverso rifiniture successive, guardandole, riguardandole, provando il discorso, e riprovandolo. Non sorprendetevi se ritenete di dovere apportare le ultime modifiche la sera prima della presentazione. Soprattutto, leggetele, rileggetele, e fatele leggere ad altri: troverete sempre dei refusi (come sono certo troverete in queste mie note) che vi erano sfuggiti e che spesso creano ilarità quando sono proiettati belli grandi in aula magna.

Il vostro discorso.

Regola fondamentale: non imparate il discorso a memoria. Con l'emozione del grande giorno ne dimentichereste sicuramente una parte, con un lungo e imbarazzante silenzio per cercare di rammentarla. Questo non significa che dobbiate improvvisarlo. Anche se dovrà sembrare spontaneo, il vostro discorso sarà il frutto di una severa preparazione. Non improvvisate il giorno stesso della laurea: potreste dire sciocchezze, andare fuori tema, portarla troppo per le lunghe o dimenticare di dire cose importanti.

Abituatevi ad usare le slide come l'indice delle cose da dire. La frase creata al momento darà l'impressione che sapete di cosa state parlando e non avete imparato la filastrocca a memoria. Scrivetevi su un foglietto i punti più importanti o quelli che, seppure importanti, tendete a dimenticare. Allenatevi a non dimenticarli. Esercitate molto i legamenti tra una slide e la successiva.

Evitate di parlare in maniera impersonale (ad esempio "Si prende ...", "Si ottiene ...") e preferite un linguaggio diretto, usando la prima persona

plurale, piuttosto che la prima singolare, quando spiegate quello che avete fatto. Potete anche usare la seconda persona plurale nel caso vogliate rendere particolarmente incisive le vostre frasi. Ad esempio, nello spiegare una tecnica usata per il campionamento delle acque potreste dire: “Come fate oggi il campionamento delle acque per l’analisi dei composti organoalogenati volatili? Prendete una bottiglia, la riempite di acqua senza lasciare spazio di testa ... Con il metodo che proponiamo invece potete ottenere un campionamento direttamente on-line”. In questo modo la vostra esposizione assume un tono più leggero.

Anche per illustrare le slide, evitate frasi impersonali come, ad esempio: “Nella tabella si vede che ...” oppure “Dalla figura si nota come ...”. Meglio che usiate le espressioni: “In questa tabella potete leggere ...” oppure “La figura vi mostra ...”.

Non dite troppo: meglio che il discorso duri qualche minuto in meno piuttosto che vi facciano segno di concludere e che, di conseguenza, dobbiate correre sulle ultime slide. Tra l’altro, se dite molto, aumentate il rischio di dire cose inesatte o criticabili. Infine, avete un buon motivo per non dire tutto quello che sapete: il tenere qualcosa in serbo per rispondere ad eventuali domande. Se avete detto tutto quello che sapete, è più probabile che vi chiedano qualcosa che non sapete.

Come rispondere alle domande che vi fanno? Primo, lasciate finire la domanda, non interrompete. Secondo, se sapete la risposta, rispondete freddamente e subito. Evitate cappelli inutili, perifrasi o sorrisi di compiacimento perché sapete rispondere o di compatimento perché vi sembra che l’interlocutore non abbia capito nulla. Insomma, abbiate il massimo rispetto

per i docenti. Se vi sembra di non sapere rispondere, quello che non dovete fare è rivolgervi al relatore: primo, siete voi che dovete rispondere, non il relatore; secondo, potrebbe non sapere rispondere nemmeno lui; terzo, fareste una pessima figura. Se potete, cercate di rispondere con quello che vi sembra più pertinente. Potrebbe bastare, ovvero potreste essere voi a non avere capito la domanda e la vostra risposta potrebbe comunque avere chiarito il problema a chi vi ha posto la domanda. Non abbiate infine timore a rispondere “non lo so” se la domanda vi sembra veramente al di fuori della vostra competenza, ovvero ad usare una frase che suona più o meno così: “Questo non rientrava tra gli obiettivi del mio lavoro”, oppure, meglio, “Questo sarà oggetto di successiva sperimentazione”. Anche se vi è sembrato un rompiscatole, ringraziate l’interlocutore per l’utile suggerimento che vi ha offerto con la sua domanda.

Conclusione.

I consigli che vi ho dato dovrebbero esservi utili per la scrittura ed esposizione orale di qualsiasi lavoro scientifico. Se ci pensate bene, sono adatti a qualsiasi altro tema, anche non scientifico. Infatti ciò che ho cercato di spiegarvi in queste poche righe non è altro che una trasposizione in chiave di relazione scientifica di tre momenti fondamentali della retorica classica: *inventio*, *dispositio*, *elocutio*, cioè ricerca degli argomenti e loro disposizione ed esposizione. Dovreste adesso essere in grado di costruire un testo con tutti gli argomenti ben disposti secondo un nesso logico, evitando così, consentitemi quest’ultima osservazione, di incominciare i periodi con quegli obbrobri sintattici a cui molti ricorrono per legare le frasi, ad esempio “Questo perché

...”, “Questo anche se ...”, “Questo quando ...”, “Si ottiene questo prodotto. Prodotto che ...”. Da evitarsi.

A chi volesse approfondire molti aspetti della corretta comunicazione scritta consiglio di leggere un volumetto breve e molto gradevole: “Scrivere l’Italiano. Galateo della Comunicazione Scritta” di S. Fornasiero e S. Tamiozzo Goldmann, Società editrice il Mulino (1994). Sull’affrontare la scrittura della tesi di laurea ha pubblicato un libro anche Umberto Eco, “Come si fa una tesi di laurea”, edito da Bompiani nel 1996.

Buon lavoro.

ALLEGATO 1

LA PRESENTAZIONE SCRITTA

INDICE

1. Introduzione e scopo della Tesi.....	3
1.1 Spettroscopia di riflettanza NIR (Near Infrared).....	3
1.2 Storia del NIR.....	4
1.3 Spettroscopia di riflettanza MIDIR (Mid Infrared).....	6
1.4 Scopo della tesi	7
2. Materiali e Metodi	8
2.1 Campioni	8
2.2 Spettroscopia di riflettanza NIR (Near Infrared) e MIDIR (Mid Infrared).....	9
2.3 Metodi chimici.....	10
2.3.1 Determinazione di attività enzimatiche.....	10
2.3.2 Determinazione di biomassa N e CO ₂	15
2.3.3 Determinazione di azoto e carbonio totale	18
2.4 Analisi statistiche e di regressione.....	19
3. Risultati e discussione	20
3.1 Campioni	20
3.2 Spettri NIR e MIDIR	25

3.3 Risultati delle calibrazioni.....	29
4. Conclusioni	45
5. Bibliografia	46
Glossario	48

1. Introduzione

1.1 Spettroscopia di riflettanza NIR (Near Infrared)

La spettroscopia di riflettanza nel vicino infrarosso (NIR) è una tecnica molto efficiente per l'analisi sia quantitativa che qualitativa di prodotti alimentari, farmaceutici, chimici e di recente anche dei suoli. In particolare, lavori recenti hanno mostrato che la spettroscopia NIR è molto utile per la determinazione di vari costituenti del suolo, inclusa l'identificazione di minerali ^(1, 2), sostanza organica totale ⁽³⁻⁶⁾, carbonio e azoto totale ⁽⁵⁻⁷⁾ e componenti biologicamente attivi come azoto attivo e biomassa N ^(8, 9). Finora infatti, ... (omissis).

1.2 Storia del NIR

L'uso della spettroscopia NIR per misure quantitative è divenuta possibile quando sono stati resi commerciali rivelatori adatti, e cioè solo recentemente. Nel 1829 Niepce e Daguerre inventarono la lastra fotografica che ... (omissis).

1.3 Spettroscopia di riflettanza MIDIR (Mid Infrared)

La spettroscopia di riflettanza del medio infrarosso (MIDIR, 2500-25000 nm) può essere usata come tecnica di confronto. Rispetto alla spettroscopia NIR che negli ultimi decenni è diventata una delle tecniche più importanti per le determinazioni analitiche, la spettroscopia MIDIR è una tecnica usata quasi esclusivamente per analisi qualitative (interpretazioni spettrali). Si è pensato, infatti, ... (omissis).

1.4 Scopo della tesi

L'obiettivo di questo lavoro di tesi è stato mostrare la capacità di determinare misure di attività biologiche nel suolo mediante spettroscopia di riflettanza NIR. I parametri biologici studiati sono stati:

attività enzimatiche (fosfomonoesterasi acida ed alcalina, arilsulfatasi)

biomassa (azoto e carbonio)

carbonio e azoto totale

Inoltre, lo scopo è stato di confrontare gli spettri NIR di campioni analizzati in tre diversi modi:

tal quale

essiccati

essiccati e macinati

Questo permette di accertarsi se sia possibile svolgere una analisi *in situ* e quanto lunga debba essere la preparazione del campione per l'analisi in laboratorio.

2. Materiali e Metodi

2.1 Campioni

I campioni di suolo provengono da un campo agricolo di 600 per 300 m a Beltsville, Maryland, USA e sono stati prelevati nella primavera del 1999 (**figura 1**). Per il presente lavoro di tesi sono stati usati 136 campioni prelevati in superficie (i primi 10 cm). Tutti i 136 campioni di suolo sono stati analizzati in tre diversi modi:

tal quale

essiccati ad hoc in laboratorio (all'aria) per una settimana

essiccati e macinati per un minuto in un "Tekmar A-10 Analytical Mill" (Arthur H. Thomas, Philadelphia, PA, USA) in modo da ridurre il campione ad una fine polvere.

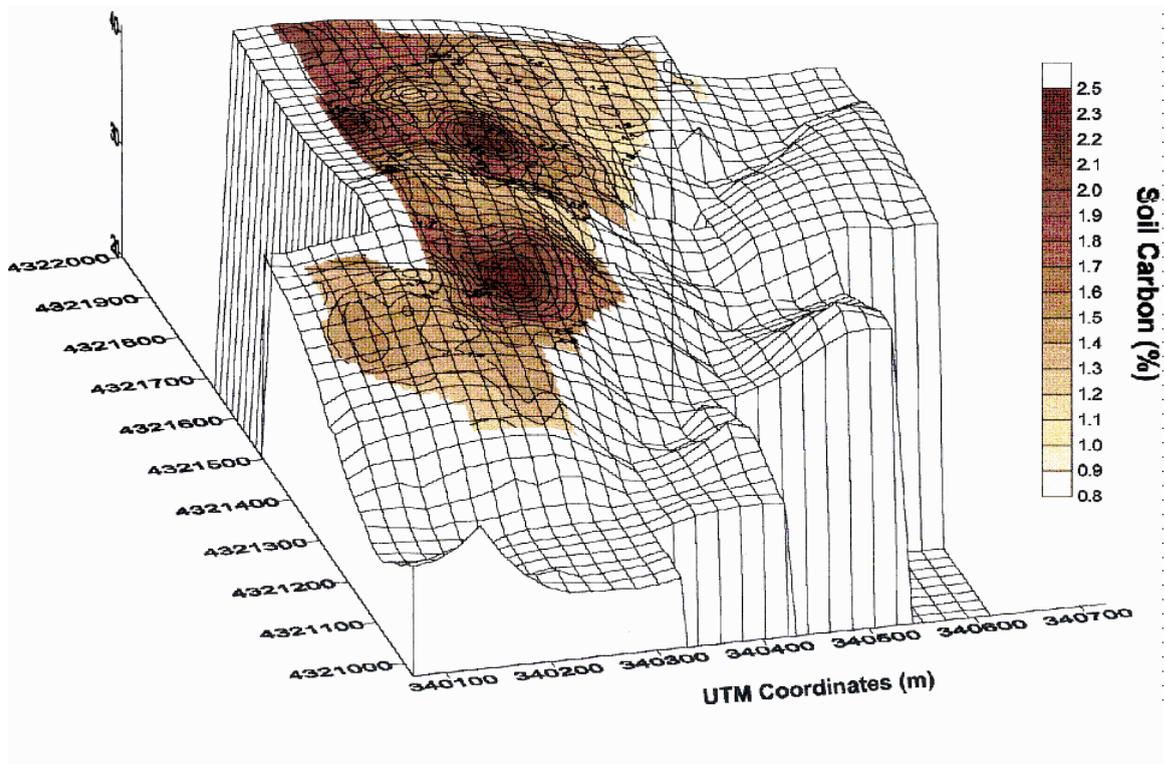


Figura 1. Area di 600 x 300 m da cui sono stati prelevati i campioni di suolo, indica la variazione del contenuto di carbonio.

2.2 Spettroscopia NIR e MIDIR

Gli spettri **NIR** sono stati ottenuti usando un “NIRSystems model 6500” (FOSS-NIRSystems, Silver Spring, Maryland, USA) dotato di un modulo di trasporto del campione che permette un cammino ottico del campione di circa 10 cm. I 136 campioni, tal quale, essiccati ed essiccati e macinati, sono stati analizzati rispettivamente in sacchetti di polietilene da 400 a 2498 nm; tra 400 e 1100 nm si hanno due rivelatori di silice (Si), mentre tra 1100 e 2498 nm si hanno ... (omissis).

2.3 Metodi chimici

2.3.1 Determinazione delle attività enzimatiche

L'attività enzimatica della **fosfomonoesterasi acida** ed **alcalina** è stata determinata usando un sottocampione di circa 1 gr dei 136 campioni essiccati e macinati. Si è seguito il metodo di Tabatabai e Bremner⁽¹⁷⁾ ritenuto quello più rapido, accurato e preciso. Si basa sulla misura ... (omissis).

... (omissis).

... (omissis).

Strumentazione:

- a. beute da 50 ml.
- b. incubatrice.
- c. colorimetro o spettrofotometro con lunghezza d'onda modificabile a 400-420 nm.

Reagenti:

- a. Toluene, Fisher certified reagent (Fisher Scientific Co.).
- b. Modified universal buffer (MUB) stock solution: si portano 12.1 gr di THAM (trisidrossimetilaminometano), 11.6 gr di acido maleico, 14.0 gr di acido citrico e 6.3 gr di acido borico in 488 ml di NaOH 1 M e si diluisce con acqua distillata portando la soluzione a 1 l. La soluzione deve essere ...

Procedimento:

Si pone 1 gr di campione in una beuta da 50 ml, si aggiungono 0.2 ml di toluene, 4 ml di MUB (modified universal buffer, a pH 6.5 per la fosfatasi acida e a pH 11 per la fosfatasi alcalina) precedentemente preparato, 1ml di soluzione di p-nitrofenilfosfato, si agita per qualche secondo, si tappa e si mette in una incubatrice a 37°C. Dopo un'ora si aggiungono ... (omissis).

2.3.2 Determinazione della biomassa N e C

La **biomassa** (azoto e carbonio) è stata determinata per 112 dei 136 campioni seguendo il metodo di incubazione per fumigazione con cloroformio⁽¹⁸⁾. Questo metodo si basa sulla fumigazione dei campioni con cloroformio. Si pesano circa 10 gr di suolo tal quale e si pongono in un essiccatore con un beaker da 50 ml contenente cloroformio e granelli antibumping. Si devono mettere ... (omissis).

2.4 Analisi statistica e di regressione

I dati statistici sono stati ottenuti con SAS (SAS Institute, Cary, North Carolina, USA). Tutte le calibrazioni, invece, sono state sviluppate usando come tipo di regressione multipla la PLS (Partial Least Squares) con GRAMS/386 PLSPlus V2. 1G (Galactic Industries Corp., Salem, New Hampshire, USA). La PLS è una tecnica ... (omissis).

3. Risultati e discussione

3.1 Campioni

La **tabella 1** presenta i valori delle varie misure di attività biologica. Da questi valori si vede che il set di 136 campioni è rappresentativo, caratteristica necessaria per lo sviluppo di una calibrazione, in quanto abbiamo ampi range di concentrazione.

Tabella 1. Concentrazioni dei parametri biologici analizzati per le calibrazioni spettroscopiche; alcal.=alcalina, contr.=controllo, arilsulf.=arilsulfatasi.

Analisi	N	Media	Dev. Stand.	Min.	Max.
N totale ^a	136	0.128	0.026	0.064	0.207
C totale ^a	136	1.497	0.353	0.681	2.915
Biomassa N ^b	112	17.04	8.923	0.329	57.53
Biomassa C-CO ₂ ^c	112	0.041	0.035	0.005	0.200
Fosfatasi acida ^d	136	0.684	0.352	0.303	1.654
Fosfatasi alcal. ^d	136	0.170	0.043	0.094	0.329
Fosf. alcal.-Contr. ^d	136	0.105	0.046	0.011	0.248
Arilsulfatasi ^d	136	0.127	0.059	0.037	0.520
Arilsulf.-Contr. ^d	136	0.108	0.060	0.005	0.484

^adato in %

^bdato in µg/gr

^cdato in mg/gr

^ddati in attività/gr di suolo

L'attività enzimatica è data da µg di p-nitrofenolo rilasciato per grammo di suolo in un'ora.

3.2 Spettri NIR e MIDIR

La **figura 4** mostra il confronto tra gli spettri rilevati per i campioni nello stato tal quale, essiccati ed essiccati e macinati. Come esempio è stato preso il campione con la concentrazione massima di carbonio totale. In più viene rappresentato uno spettro di un sacchetto di polietilene.

A 1100 nm si può notare ... (omissis).

4. Conclusioni

I risultati sperimentali ottenuti indicano che la spettroscopia di riflettanza NIR può essere utile per la rapida determinazione di misure di attività biologica, in casi in cui non è richiesta una accuratezza molto elevata. Comunque saranno necessari ulteriori studi per definire con chiarezza le basi, le limitazioni e l'utilità della spettroscopia di riflettanza NIR per determinare attività biologica in campioni di suolo.

Rispetto alla spettroscopia MIDIR la spettroscopia NIR è molto più avanzata in termini di campionamento ed influenza sulle calibrazioni dell'ordine di grandezza del particolato e contenuto di umidità dei campioni. La spettroscopia MIDIR, invece, sembra che offra una accuratezza più elevata della spettroscopia NIR per la determinazione di attività biologica nel suolo, in particolare al crescere della diversità dei campioni.

5. Bibliografia

[1] E. Ben-Dor e A. Banin, *Appl. Spectrosc.* **44**, 1064-1085 (1990).

[2] J.K. Crowley e N. Vergo, *Clays and Clay Minerals* **36**, 310-314 (1988).

[3] E. Ben-Dor, A. Banin e A. Singer, *Eur. Space Agency, Spec. Publ. #319* **1**, 159 (1991).

... (omissis)

[10] J. Workman, Jr, in *Applied Spectroscopy: A Compact Reference for Practitioners*, Ed by J. Workman, Jr e A.W. Springsteen. Academic Press, NY, p. 35 (1998).

[11] J. Shenk e M.O. Westerhaus, Monograph: *Analysis of Agricultural and Food Products by Near Infrared Reflectance Spectroscopy*. NIRSystems, Inc., 12101 Tech Road, Silver Spring, MD, USA (1993).

... (omissis)

[13] W.W. Coblentz, *Investigations of Infrared Spectra*, Part 1. Publication No. 35, Carnegie Institute of Washington (1905).

[20] J.B Reeves, III *et al.* *The potential of diffuse reflectance spectroscopy for the determination of carbon inventories, sequestration, and fate in soils*, *Environmental Pollution J.* (inviato per la pubblicazione).

GLOSSARIO

MUB (modified universal buffer): soluzione tampone usata per la determinazione delle attività enzimatiche della fosfatasi acida ed alcalina.

Multiplicative scatter correction (MSC): la multiplicative scatter correction è un pretrattamento usato per lo sviluppo delle calibrazioni NIR e MIDIR; corregge effetti di cammini ottici differenti risultanti da scattering della luce incidente diversa da campione a campione; corregge variazioni della linea di base e della pendenza.

Mean centering (MC): il mean centering è un pretrattamento usato per lo sviluppo delle calibrazioni spettroscopiche NIR e MIDIR; applicando il mean centering viene calcolato lo spettro medio e lo si sottrae da ogni singolo spettro.

Mid Infrared (MIDIR): medio infrarosso

Near Infrared (NIR): vicino infrarosso

One-out cross validation: il software Grams usa la one-out cross validation per determinare il numero di fattori PLS; è una cosiddetta calibrazione provvisoria; essa consiste, avendo n-campioni, di avere n-equazioni per predire ogni valore.

PLS (Partial Least Squares): è una tecnica che decompone lo spettro spettroscopico in modo quantitativo sfruttando la correlazione esistente tra i dati spettrali e le concentrazioni dei costituenti d'interesse.

ALLEGATO 2

IL RIASSUNTO

RIASSUNTO

La spettroscopia di riflettanza nel vicino infrarosso (NIR) è una tecnica molto efficiente per l'analisi sia quantitativa che qualitativa di prodotti alimentari, farmaceutici, chimici e di recente anche dei suoli. È molto vantaggiosa essendo molto rapida, non distruttiva e non ha bisogno di molto tempo per preparare i campioni. Lo scopo di uno strumento NIR è di determinare la concentrazione di una variabile chimica da una misura spettroscopica in modo rapido e preciso potendo sostituire metodi lenti, più costosi e meno precisi. Questo è possibile tarando lo strumento, cioè sviluppando una relazione matematica tra i dati spettroscopici (le lunghezze d'onda) e le concentrazioni. Però la regione del vicino infrarosso (400-2498 nm) è dominata da overtone deboli, combinazioni di bande vibrazionali e molto spesso da bande sovrapposte dovute a legami OH, NH e CH. È quindi impossibile attribuire una singola banda ad ogni costituente e per ottenere l'equazione di calibrazione si ha bisogno di una regressione multipla che combina più lunghezze d'onda per un componente.

L'obiettivo di questo lavoro di tesi è stato mostrare la capacità di determinare misure di attività biologica nel suolo mediante spettroscopia NIR. I parametri biologici studiati sono stati:

- attività enzimatiche (fosfomonoesterasi acida ed alcalina, arilsulfatasi)
- biomassa (azoto e carbonio)
- carbonio e azoto totale

Inoltre sono stati confrontati gli spettri NIR di campioni analizzati in tre diversi modi:

- tal quale
- essiccati ad hoc in laboratorio per una settimana
- essiccati e macinati per un minuto in una 'Tekmar A-10 Analytical Mill'

La spettroscopia di riflettanza del medio infrarosso (MIDIR) è stata usata come tecnica di confronto. Rispetto alla spettroscopia NIR, la spettroscopia MIDIR è una tecnica usata quasi esclusivamente per analisi qualitative. Si è pensato, infatti, che per l'analisi quantitativa i campioni

in polvere devono essere diluiti con KBr puro, dati i forti assorbimenti nella regione del medio infrarosso. Questi assorbimenti forti portano ad una distorsione dello spettro e a condizioni di non linearità, motivo per cui si pensava fosse impossibile l'analisi quantitativa con campioni non diluiti. Comunque, lavori recenti hanno mostrato che un'analisi quantitativa mediante spettroscopia MIDIR è possibile, anche usando campioni tal quale. Lo svantaggio di questa tecnica però è che ha ancora bisogno di molti studi soprattutto per determinare effetti dell'ordine di grandezza del campione e particolato, percentuale di umidità etc.

I campioni di suolo analizzati provengono da un campo agricolo di 600 per 300 m a Beltsville, Maryland, USA e sono stati prelevati nella primavera del 1999. Per il presente lavoro di tesi sono stati usati 136 campioni prelevati in superficie (i primi 10 cm).

Gli spettri **NIR** sono stati ottenuti usando un NIRSsystems model 6500' dotato di un modulo di trasporto del campione che permette un cammino ottico di circa 10 cm. I 136 campioni, tal quale, essiccati ed essiccati e macinati, sono stati analizzati rispettivamente in sacchetti di polietilene da 400 a 2498 nm.

Lo strumento **MIDIR** disponibile in laboratorio ha reso possibile solo l'analisi dei 136 campioni di suolo essiccati e macinati. È stato usato uno spettrometro a trasformata di Fourier DgiLab FTS-60 dotato di un modulo di trasporto del campione fatto su misura che permette di analizzare un'area pari a 50 per 2 mm.

Le **attività enzimatiche** sono state determinate usando un sottocampione di circa 1 gr dei 136 campioni essiccati e macinati. Si è seguito il metodo di Tabatabai e Bremner ritenuto quello più rapido, accurato e preciso. Si basa sulla misura colorimetrica di p-nitrofenolo rilasciato quando il campione è incubato per un'ora con una soluzione tampone (a pH 6.5 per la fosfatasi acida e a pH 11 per la fosfatasi alcalina) di p-nitrofenilfosfato. Per l'arilsulfatasi, invece, i campioni sono stati incubati con una soluzione tampone di p-nitrofenilsolfato.

La **biomassa** (azoto e carbonio) è stata determinata per 112 campioni dei 136 campioni seguendo il metodo di incubazione per fumigazione con cloroformio. Questo metodo si basa sulla

fumigazione dei campioni nello stato tal quale con cloroformio usando un sottocampione di circa 10 gr.

Il **carbonio** e **azoto** totale sono stati determinati per i 136 campioni di suolo mediante combustione a secco usando un Leco CNS-200 Elemental Analyzer. Il metodo si basa sulla combustione dei campioni di suolo tal quale in modo da ridurre i composti contenenti carbonio a CO₂ e quelli contenenti azoto a NO₂.

Le **calibrazioni NIR** e **MIDIR** sono state sviluppate usando come tipo di regressione multipla la PLS (Partial Least Squares) con GRAMS/386 PLSPlus V2.1G. La PLS è una tecnica che decompone lo spettro spettroscopico in modo quantitativo, sfruttando la correlazione esistente tra i dati spettrali e le concentrazioni dei costituenti d'interesse. Prima di sviluppare la calibrazione finale si applica vari pretrattamenti in modo da accentuare le differenze tra i vari spettri. I pretrattamenti usati sono:

- mean centering (MC)
- multiplicative scatter correction (MSC)
- variance scaling (VS)
- derivate prime
- derivate seconde

La PLS richiede un numero di fattori per sviluppare una calibrazione, ciascuno dei quali estrae le varie informazioni e/o differenze dagli spettri. Il numero dei fattori è determinato da PRESS (Prediction Residual Error Sum of Squares) F-Statistics mediante la one-out cross validation, metodo usato nel software Grams. La one-out cross validation si potrebbe definire come 'calibrazione provvisoria' utilizzata per determinare il numero di fattori; essa consiste, avendo n-campioni di avere n-equazioni per predire ogni valore. Nella calibrazione finale, invece, abbiamo una sola equazione per predire tutti gli n-campioni ed è una combinazione delle n-equazioni della one-out cross validation.

Si è visto che le calibrazioni basate sugli spettri nel vicino infrarosso non sono state molto utili per i tre enzimi analizzati; questo può essere dovuto ad un set di campioni troppo diverso, ad un range di concentrazioni troppo piccolo o a metodi chimici poco accurati. Comunque, usando gli spettri del medio infrarosso sono stati ottenuti risultati migliori; ciò dimostra che il medio infrarosso si presta a differenziare i campioni meglio del NIR portando ad una calibrazione più robusta. Per la biomassa N e C non si è riuscito a sviluppare una calibrazione né nella zona del vicino infrarosso né in quella del medio infrarosso. Questo potrebbe indicare che è impossibile rilevare costituenti ad una concentrazione così bassa, come nel caso della biomassa con un metodo spettroscopico. I risultati migliori sono stati ottenuti per N e C totale (**figura 1 e 2**), in entrambe le regioni spettrali; però, anche in questo caso, la regione del medio infrarosso sembra essere più accurata nel rilevare costituenti del suolo.

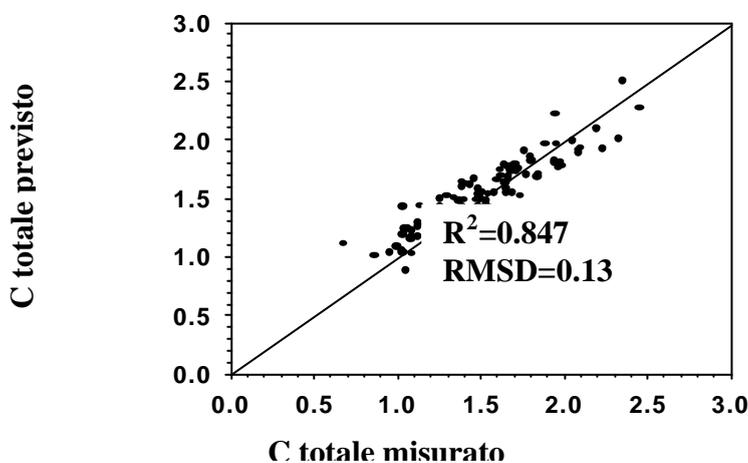


Fig.1- Risultato della calibrazione NIR per il carbonio totale nello stato tal quale.

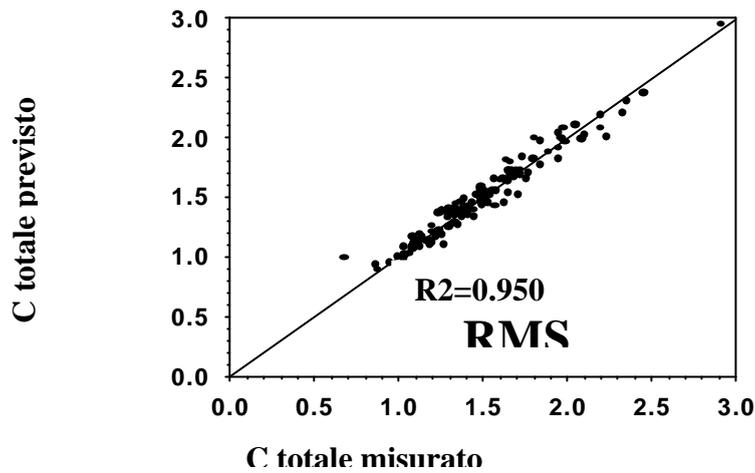


Fig. 2- Risultato della calibrazione MIDIR per il carbonio nello stato essiccato e macinato.

Confrontando i risultati dei campioni tal quale, essiccati e macinati, si è potuto accertare se sia possibile fare un'analisi *in situ* e quanto lunga debba essere la preparazione del campione per l'analisi in laboratorio. Questi studi sono stati eseguiti solo per la regione del vicino infrarosso, date le limitazioni strumentali del medio infrarosso. Per il carbonio totale, i migliori risultati sono stati ottenuti nello stato tal quale, mentre per gli altri parametri biologici lo stato macinato sembra che dia risultati migliori.

I risultati sperimentali ottenuti indicano che la spettroscopia di riflettanza NIR può essere utile per la rapida determinazione di misure di attività biologica, nei casi in cui non è richiesta un'accuratezza molto elevata. Comunque saranno necessari ulteriori studi per definire con chiarezza le basi, le limitazioni e l'utilità della spettroscopia di riflettanza NIR per determinare costituenti biologici nel suolo. Rispetto alla spettroscopia MIDIR, la spettroscopia NIR è molto più avanzata in termini di campionamento e influenza sulle calibrazioni dell'ordine di grandezza del particolato e contenuto di umidità dei campioni. La spettroscopia MIDIR, invece, sembra che offra

un'accuratezza maggiore della spettroscopia NIR per la determinazione di attività biologica nel suolo, in particolare al crescere della diversità dei campioni.

Allegato 3

La Presentazione Orale