

# **Efectes tòxics del cadmi sobre les cèl·lules vegetals**

**Autora: Adriana Franco Martí  
Tutora: Mercè Barberillo  
Grup-classe: 2n Batxillerat B  
Centre: IES Secretari Coloma  
Curs: 2010-2011**

## Índex:

1. Agraïments.....	p. 3
2. Introducció.....	p. 3
2.1 Objectius.....	p.4
3. Fonaments teòrics.....	p.6
3.1 El cicle cel·lular en els vegetals.....	p. 6
3.1.1 La interfase.....	p. 7
3.1.2 Mitosi: la divisió del material nuclear.....	p. 8
3.1.3 La citocinesi vegetal.....	p. 10
3.2 Les mutacions.....	p. 10
3.2.1 Tipus de mutacions.....	p. 11
3.2.1.1 Mutacions que afecten només un gen.....	p. 11
3.2.1.2 Mutacions que afecten part del genoma.....	p. 12
3.2.2 Causes de les mutacions.....	p. 15
3.2.2.1 El cadmi.....	p. 16
3.3. Ús d' <i>Allium cepa</i> per a l'anàlisi de la genotoxicitat i citotoxicitat.....	p. 17
3.3.1 Efectes que es poden observar en el test d' <i>Allium cepa</i> .....	p. 18
3.3.1.1 Efectes macroscòpics: creixement d'arrels.....	p. 18
3.3.1.2 Efectes microscòpics.....	p. 18
3.3.1.2.1 Variació de l'índex mitòtic.....	p. 18
3.3.1.2.2 Aberracions cromosòmiques.....	p. 19
3.3.1.2.3 Anomalies nuclears.....	p. 20
3.3.1.2.4 Micronuclis.....	p. 21
4. Pràctica: Efecte del cadmi en l' <i>Allium cepa</i> .....	p. 22
4.1 Objectius de l'experiència.....	p. 22
4.2 Hipòtesi.....	p. 22
4.3 Material.....	p. 22
4.3.1 Microscopi òptic (Motic).....	p. 26
4.3.1.1 Parts del microscopi.....	p. 27
4.4 Procediments.....	p. 29
4.4.1 Creixement d'arrels.....	p. 29
4.4.2 Recollida i mesura d'arrels.....	p. 32
4.4.3 Preparació i tinció.....	p. 32

4.4.4 Observació al microscopi.....	p. 34
4.4.5 Comptatge i càlculs de l'índex mitòtic.....	p. 35
4.5 Resultats.....	p. 36
4.5.1 Observacions.....	p. 36
4.5.2 Creixement de les arrels.....	p. 37
4.5.3 Resultats del comtatge de cèl·lules.....	p. 38
4.6 Anàlisi dels resultats.....	p. 41
4.6.1 Efectes de les diferents aigües.....	p. 41
4.6.2 Efectes del cadmi en les cèl·lules del teixit meristemàtic.....	p. 42
4.6.2.1 Efectes en el bulb.....	p. 42
4.6.2.1.1 Efectes macroscòpics.....	p. 42
4.6.2.1.2 Efectes microscòpics.....	p. 44
4.6.2.2 Efectes en les llavors.....	p. 44
4.6.2.2.1 Efectes macroscòpics.....	p. 44
4.6.2.2.2 Efectes microscòpics.....	p. 45
4.6.3 Diferències de resultat entre les arrels de llavor i les de bulb.....	p. 46
5. Conclusions.....	p. 48
5.1 Valoració personal.....	p. 48
6. Bibliografia.....	p. 50

## **1. Agraïments**

Primer de tot m'agradaria agrair la col·laboració del departament d'Edafologia de la Facultat de Farmàcia de la UB, que m'ha donat la benvinguda i m'ha deixat fer servir les seves instal·lacions i material de bon grat i, en especial, a la Dra. M<sup>a</sup> Antònia Garau, qui m'ha supervisat la meva estada al departament, m'ha resolt dubtes, m'ha donat consells per a millorar el treball i, en general, ha sigut una gran ajuda.

També vull agrair a Mercè Barberillo, que s'avingués a tutoritzar aquest treball i la seva paciència i ajuda. Li agraeixo les facilitats a l'hora de fer el treball, la informació que m'ha cedit, i els consells a l'hora de corregir i donar-li forma. Gràcies per ajudar a portar aquest treball de la millor manera possible.

Finalment, gràcies a la meva família i a tota la gent que m'ha donat ànims i recolzat.

## **2. Introducció.**

Quan em vaig plantejar fer el treball de recerca vaig pensar en fer alguna activitat que tingués una part pràctica que es realitzés al laboratori. També estava molt interessada en que fos d'algun tema de biologia, ja que és una de les parts de la ciència que més m'atrau, especialment tinc molta curiositat pel món de la cèl·lula i la microscòpia. Així, vaig pensar que podria ser interessant fer un treball basat en aquest món microscòpic.

Pensant en això vaig buscar informació i em vaig decidir per veure els efectes del Cadmi en cèl·lules. Vaig triar el cadmi perquè és un agent present en el fum del tabac, entre altres coses. Es pot considerar un agent genotòxic, és a dir, genera genotoxicitat, acció que afecta la integritat del material genètic d'una cèl·lula. Pot interaccionar amb l'ADN i, per tant, és potencialment mutàgen o carcinògen. Per una altra banda s'ha descrit que el cadmi interacciona també sobre l'activitat mitòtica de les cèl·lules.

Com no podia treballar en cèl·lules humanes i com que sabia de l'existència d'una pràctica en la qual es podia observar mitosis en arrels de ceba, vaig decidir fer-ho amb cèl·lules de ceba. Encara que les concentracions que es troben en els pulmons de les persones fumadores són molt petites, i

que les cebes no són cèl·lules animals, podem sospitar que la seva acció pot ser perniciosa també per a la mitosi i creixement de certs òrgans humans desencadenant problemes per a la salut. La ceba, a més, és un organisme viu que està al meu abast i permet fer rèpliques dels experiments, a més que el mètode és senzill i abastable amb el meu nivell de coneixements.

Aquest treball ajudarà a posar en evidència que el cadmi és perjudicial, que desorganitza les divisions cel·lular o que atura o modifica el creixement dels organismes vius.

Com que els agents mutagènics són substàncies perilloses em vaig posar en contacte amb persones del Laboratori d'Edafologia de la Facultat de Farmàcia de la Universitat de Barcelona, on van accedir a deixar-me utilitzar el material i deixar-me treballar en les seves instal·lacions en unes condicions de seguretat de les que no podia disposar al IES. En el Laboratori se'm va suggerir la possibilitat de complementar el treball amb algunes mesures macroscòpiques que ells solen fer en anàlisis d'ecotoxicologia.

## 2.1 Objectius

Amb aquest treball em plantejo objectius d'aprenentatge i aprofundiment com:

- Aprendre a manipular mostres i utilitzar les tècniques de microscòpia.
- Aprendre a diferenciar estats diferents del cicle cel·lular en mostres de cèl·lules reals i poder observar aspectes diferents del que es pot trobar en llibres de text.

Aquests objectius s'aconseguiran mitjançant uns objectius a nivell d'investigació que són:

- Observar els efectes del cadmi sobre el creixement d'arrels de ceba (*Allium cepa*).
- Observar els efectes del cadmi sobre el cicle cel·lular i identificar diferents tipus d'anomalies en les cèl·lules.
- Determinar si el creixement de les arrels i els efectes sobre la mitosi estan influïts pel tipus d'aigua en què es fa la germinació.
- Determinar si per fer els experiments de creixement de les arrels i els efectes sobre la germinació és millor utilitzar arrels de bulb o de llavor.
- Observar la influència de la temperatura en el creixement de les arrels

Aquest treball està format per un apartat de fonaments teòrics on s'explica tot el necessari per entendre la part experimental. En els fonaments teòrics es parla del cicle cel·lular vegetal, de les mutacions i els efectes observables sobre la mitosi de *Allium cepa*. A continuació hi ha la part experimental, on es s'explica els procediments i materials utilitzats i finalment s'exposen els resultats, l'anàlisi de resultats i les conclusions.

Les il·lustracions, si no s'indica una altra cosa, són de l'autora.

### 3. Fonaments teòrics

#### 3.1 El cicle cel·lular en els vegetals (9, 10, 15, 17, 19, 20)

La mitosi és el procés pel qual el material genètic d'una cèl·lula es divideix en dos i, junt amb la citocinesi formen la divisió cel·lular. Mitjançant aquest procés, a partir d'una cèl·lula mare s'obtenen dues cèl·lules filles que són virtualment idèntiques entre sí i la seva progenitora. No obstant això, per poder arribar a aquest estadi la cèl·lula ha hagut de madurar anteriorment, és a dir, ha hagut de passar un temps determinat fins que aquesta ha duplicat el seu contingut per poder entrar en divisió mitòtica.

La mitosi és una de les etapes que constitueixen el cicle cel·lular o cicle vital d'una cèl·lula. Aquest s'inicia en l'instant que apareix una nova cèl·lula, fruit d'una anterior divisió, i acaba en el moment en que aquesta cèl·lula es dividex i forma dues noves cèl·lules filles. En el cicle cel·lular es distingeixen tres etapes: la interfase, que és una fase de creixement, la mitosi, divisió del material nuclear i la citocinesi, divisió del citoplasma. Les dues últimes formen la divisió cel·lular.

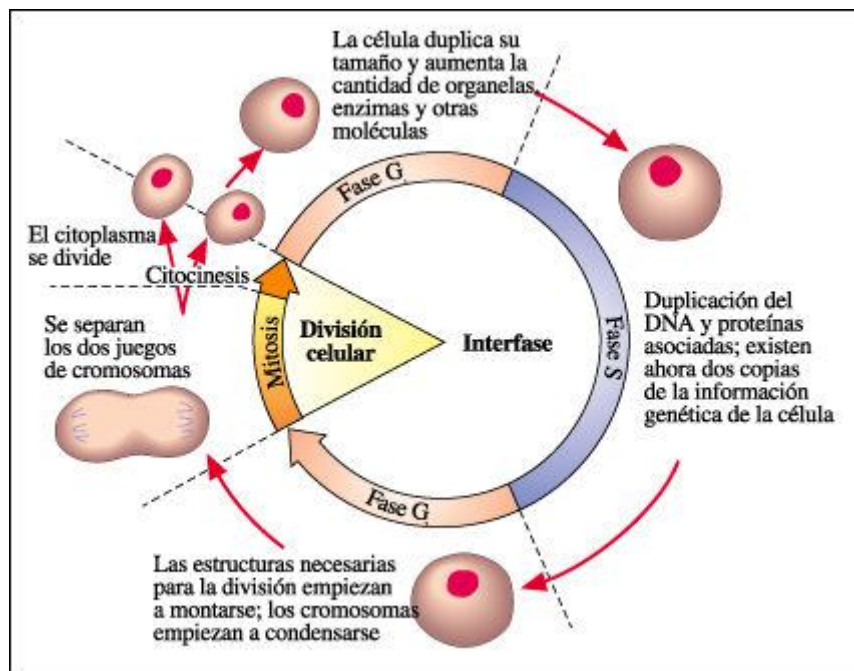


Fig.1: Esquema de les diferents fases del cicle cel·lular. <http://biologia.laguia2000.com>

### 3.1.1 La interfase

Abans que una cèl·lula eucariota pugui començar la mitosi i dividir-se efectivament, ha de dur a terme processos com la duplicació de l'ADN, la síntesi d'histones o la creació de nous orgànuls. Aquests processos es duen a terme a la interfase, que és la fase més llarga del cicle cel·lular (gairebé un 95% del temps) i comprèn tres etapes:

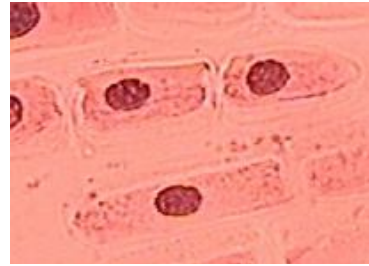


Fig.2: Cèl·lules d'*Allium cepa* en interfase.

a) Fase G1 (de l'anglès *Growth* o *Gap 1*): aquesta fase va des de el naixement de la cèl·lula fins a que arriba a la fase S. En aquest període, es produeix la síntesi d'ARNm, proteïnes, orgànuls i altres molècules. La durada d'aquesta fase és molt variable, pot anar des d'hores a dies o fins i tot anys, depenent del tipus de cèl·lula.

En arribar al final de la fase G1, es pot produir un fenomen conegut com a punt de restricció, que provoca que la cèl·lula passi a la fase S i acabi completant la resta de fases fins a arribar a reproduir-se.

#### La fase G0:

El punt de restricció no es mostra en totes les cèl·lules. Hi ha casos en els quals abans d'arribar a aquest punt, algunes cèl·lules manifesten gens que provoquen que les cèl·lules es transformin en cèl·lules especialitzades, cosa que dóna lloc al procés de diferenciació cel·lular. En aquest cas, les cèl·lules entren en el que es coneix com la fase G0. En aquesta fase, la cèl·lula roman indefinidament en interfase. Depenent del tipus de cèl·lula, una estimulació concreta pot donar pas a un retorn al cicle cel·lular.

b) Fase S (de l'anglès *Synthesis*): en aquesta fase es produeix la replicació de l'ADN. Per tant, cada cromosoma es duplica i queda format per dues cromàtides idèntiques (cadascuna d'elles amb una molècula d'ADN). En aquest període, es continuen sintetitzant tant l'ARNm com diferents proteïnes.

c) Fase G2 (de l'anglès *Growth* o *Gap 2*): comença la condensació dels cromosomes i la síntesi d'estructures necessàries en fases posteriors, com ara els microtúbuls. Les cèl·lules contenen el doble d'ADN que en la fase G1. En aquest període, encara segueix la síntesi d'ARNm i proteïnes. Aquesta fase es pot donar per finalitzada quan s'observa que els cromosomes es comencen a condensar a l'inici de la mitosi.

### 3.1.2 Mitosi: la divisió del material nuclear

La mitosi és el procés pel qual una cèl·lula mare divideix el material nuclear en dos per tal que les cèl·lules filles en les que es dividirà tinguin una dotació cromosòmica idèntica. Aquest procés forma part de la divisió cel·lular.

En la mitosi, es poden distingir cinc fases diferents:

a) Profase: aquesta fase comença quan els cromosomes s'acaben condensant, de manera que es poden observar perfectament els parells de cromosomes i les cromàtides. La membrana nuclear va desapareixent gradualment.

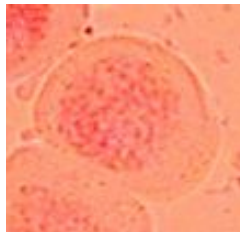


Fig 3: Cèl·lula d'*Allium cepa* en profase

b) Prometafase: en aquesta fase es pot observar que la membrana nuclear es desintegra i que alguns dels microtúbuls provinents dels pols cel·lulars s'adhereixen a les cromàtides en una zona concreta denominada cinetocor.

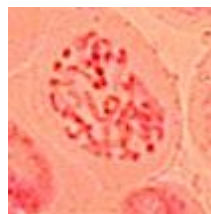


Fig.4: Cèl·lula d'*Allium cepa* en prometafase

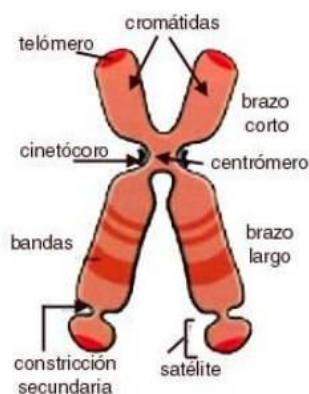


Fig. 5: Esquema d'un cromosoma.  
<http://cta-global-sil.blogspot.com>

El cinetocor és una estructura que es forma en cadascuna de les dues cromàtides, a l'altura del centrómer del cromosoma, i la seva funció és organitzar els microtúbuls. Cada cinetocor del cromosoma s'uneix als microtúbuls de pols oposats, així cada cromàtide serà atreta cap a un pol diferent. Els microtúbuls que provenen dels pols i s'uneixen als cinetocors s'anomenen microtúbuls cinetocòrics. Altres, que van des d'un pol fins al costat oposat de la cèl·lula reben el nom de microtúbuls polars.

c) **Metafase:** en aquesta fase, els cromosomes es desplacen per acció dels microtúbuls fins a disposar-se en el pla intermedi de la cèl·lula, equidistant als dos pols, i constitueixen la denominada placa equatorial.



Fig. 6: Cèl·lula d'*Allium cepa* en metafase

d) **Anafase:** en aquesta fase, els microtúbuls cinetocòrics dels dos pols es comencen a escurçar, cosa que produeix la separació de les cromàtides germanes de cada cromosoma. Per tant, cada cromàtide es desplaçarà cap a un costat oposat de la cèl·lula. A més, els microtúbuls polars augmenten la seva longitud, fent que el citoplasma de la cèl·lula s'eixampli.

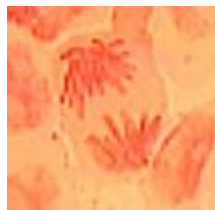


Fig. 7: Cèl·lula d'*Allium cepa* en anafase

e) **Telofase:** en aquesta fase, els conjunts de cromosomes que es troben a cada pol de la cèl·lula comencen a quedar embolcallats per un nucli, cadascun dels quals serà el nucli de cada cèl·lula filla. En aquesta fase, també es comencen a descondensar els cromosomes fins que es tornen a convertir en la cromàtide característica de la interfase.

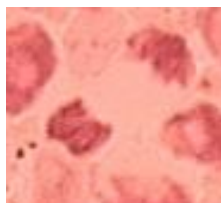


Fig. 8: Cèl·lula d'*Allium cepa* en telofase

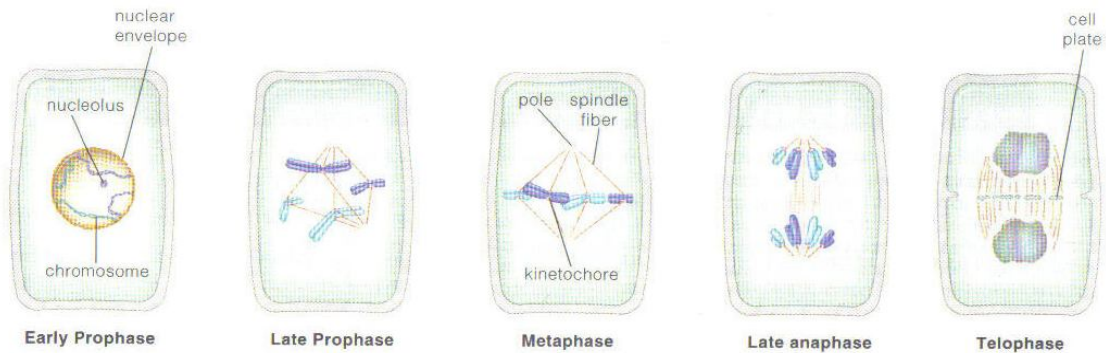
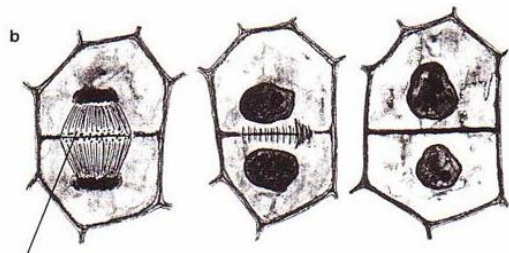


Fig. 9: Esquema de la mitosi vegetal. H. Raven, Peter, *Biología de las plantas* (1991)

### 3.1.3 La citocinesi vegetal

És el procés pel qual el citoplasma de la cèl·lula vegetal es divideix en dos, la qual cosa dona com a resultat les dues cèl·lules filles amb una mida i quantitat d'òrgans i molècules semblants.

La citocinesi comença abans de que acabi la telofase. Una nova paret cel·lular, anomenada placa cel·lular, comença a formar-se entre els dos nuclis separats. Aquest procés involucra els fragmoplasts, que consisteixen en una banda de microtúbuls que es refan perpendicularment a la placa cel·lular i moltes petites vesícules de membrana. Les petites vesícules cel·lulars contenen



material de la paret cel·lular, el qual és dipositat primer al centre de la cèl·lula i després al voltant fins que la nova paret s'uneix a les parets dels costats, separant la cèl·lula mare en dues cèl·lules filles.

Fig 10: Esquema de la citocinesi vegetal.

<http://tertuliadeamigos.webcindario.com/biocou12.htm>

### 3.2 Mutacions (2, 3, 5, 13, 15, 17, 18)

Les mutacions són canvis en el material genètic que pateixen els éssers vius al llarg del temps. El resultat d'aquests canvis és la variació d'un gen o una dotació cromosòmica diferent de l'original. Els efectes de les mutacions poden tenir diferents nivells de gravetat depenent de diversos factors.

Les mutacions poden produir des de la mort a malalties, no donar símptomes aparents o poden ser positives i determinar l'evolució de les espècies.

### 3.2.1 Tipus de mutacions:

#### 3.2.1.1 Mutacions que afecten només un gen

Es produeix quan un gen canvia de tal manera que afecta un o diversos parells de nucleòtids pertanyents a un sol gen. Hi ha diversos tipus:

-Transicions: consisteixen en la substitució d'una base per una altra de la mateixa naturalesa química (purínica-purínica, pirimidínica-pirimidínica).

-Transversions: consisteix en la substitució d'una base per una altra de diferent naturalesa química (purínica- pirimidínica, pirimidínica-purínica).

-Inserció o pèrdua de nucleòtids: quan s'afegeixen o es perden parells de bases, canviant la llargada de la cadena. La delecció o addició d'un parell de bases són les mutacions més freqüents (un 80% dels casos) a nivell de canvis en l'ADN.

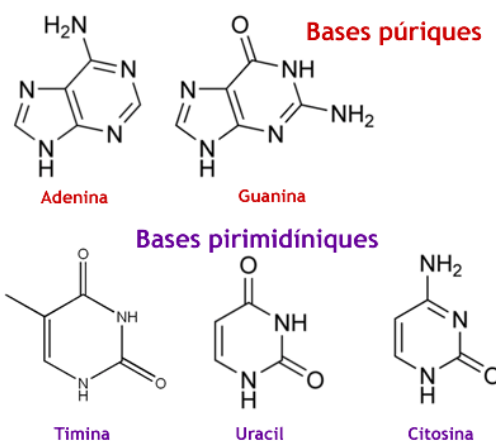


Fig 11: Les diferents bases que formen els àcids nucleics.  
<http://aulatres.wikispaces.com>

La seqüència de bases de l'ADN determina la seqüència de l'ARN missatger i aquesta es tradueix en proteïnes, essent cada grup de tres bases (triplet) un aminoàcid. Al produir-se un canvi en una base de l'ADN, aquest pot alterar la seqüència d'aminoàcids.

Segons aquest mecanisme la mutació pot ser:

-Silenciosa: La base que es canvia dona lloc a un triplet sinònim de l'anterior, és a dir, tots dos codifiquen el mateix aminoàcid i no s'altera la proteïna.

Per exemple: AGG → CGG, tots dos determinen l'arginina.

-No silenciosa: el canvi en la base transforma un triplet en un altre de no sinònim que codifica un aminoàcid diferent. En aquest cas s'altera la proteïna. Si s'afegeix o elimina una base també es pot produir una mutació no silenciosa, ja que s'alteren tots els triplets situats a continuació i es codifiquen diferents aminoàcids.

Per exemple: AAA → AGA, canvia la lisina per l'arginina.

### 3.2.1.2 Mutacions que afecten part del genoma

Hi ha mutacions que afecten grans porcions de material genètic com els cromosomes. Aquests canvis poden afectar l'estructura o el nombre de cromosomes. Generalment aquests canvis es poden dividir en dos grups:

#### A) Canvis en l'estructura

Alteracions on els cromosomes pateixen canvis estructurals. En aquests canvis, la cadena d'ADN es trenca i s'uneix amb extrems diferents. Els més freqüents són:

-Deficiència o delecció: Una delecció, es un tipus especial de anomalia que consisteix en la pèrdua d'un fragment d'ADN d'un cromosoma. Una delecció pot produir-se a l'extrem d'un cromosoma o al llarg d'un dels seus braços i el fragment d'ADN es pot veure aïllat. Afecten diversos gens i solen ser letals o causar malalties.

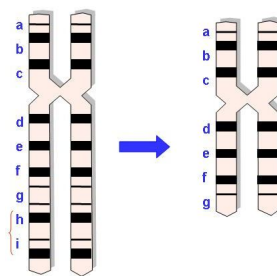


Fig. 12. Delecció d'un fragment de cromosoma. <http://web.educastur.princast.es>

-Duplicacions: és la repetició d'un fragment de cromosoma. Aquest segment repetit pot estar a continuació de l'original, en algun lloc del mateix cromosoma o en algun altre.

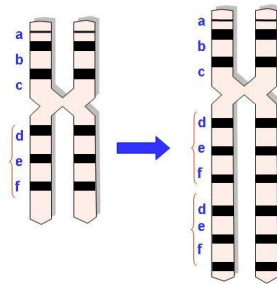


Fig. 13. Duplicació d'un fragment de cromosoma. <http://web.educastur.princast.es>

- Inversions: és un canvi estructural pel qual un segment cromosòmic canvia de sentit dins del propi cromosoma en relació amb una seqüència considerada com a típica. Poden ser paracèntriques si el fragment invertit no inclou el centròmer o pericèntriques si inclouen el centròmer.

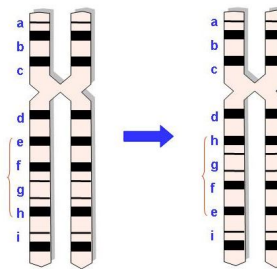


Fig. 14. Inversió d'un fragment de cromosoma. <http://web.educastur.princast.es>

- Translocacions: consisteix en el desplaçament d'un segment d'un cromosoma a un nou lloc en el genoma. A vegades, són conseqüència de l'intercanvi de fragments entre dos cromosomes no homòlegs (translocació recíproca).

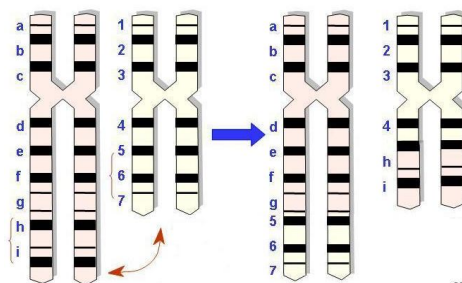


Fig. 15. Translocació d'uns fragments de cromosoma. <http://web.educastur.princast.es>

- Aberracions cromosòmiques (veure p. 19)

## B) Canvis en el nombre de cromosomes

Poden succeir variacions en el nombre de cromosomes com a conseqüència d'errors en la meiosi.

-Euploidies: un organisme euploide és un que té un número de cromosomes que es un múltiple exacte del número haploide característic de la seva espècie. A vegades els organismes poden presentar un número anormal de cromosomes, podent haver-hi diferents casos:

a) Monoploidies, que poseeixen els organismes haploides ( $n$ ) i només tenen un únic cromosoma de cada tipus.

b) Poliploidies, que la poseeixen individus amb diversos jocs complets de cromosomes homòlegs. Hi ha individus que són poliploides en el seu estat natural (els humans, per exemple, són diploides), però quan apareixen variacions numèriques, podent apareixer triploidies ( $3n$ ) o tetraploidies ( $4n$ ), es diu que són euploides aberrants i són comuns en el món vegetal.

-Aneuploidies: Un aneuploide és un individu que té un nombre de cromosomes que difereix del normal, a causa d'un cromosoma extra o un d'absent. No s'ha de confondre amb euploidies, ja que no és la repetició o pèrdua d'un joc sencer de cromosomes sinó només d'un, produint individus amb un nombre de cromosomes que no és múltiple del número haploide, creant-se individus amb, per exemple,  $2n+1$  cromosomes.



Fig 16

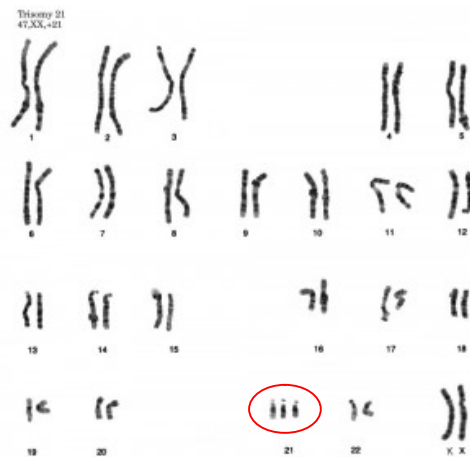


Fig 17

El Síndrome de Down és una exemple de malaltia causada per una aneuploidia. En aquest cas hi ha una trisomia al cromosoma 21

<http://www.discapacidadonline.com>

### 3.2.2 Causes de les mutacions

Les mutacions es poden produir de forma espontània i es poden deure a errors en la duplicació de l'ADN, lesions produïdes de forma natural com la desaminació o despurinització etc. També poden ser induïdes per l'acció d'agents mutàgens. Aquests agents poden ser de tipus físic, químic o biològic.

Els agents físics principals són tant les radiacions electromagnètiques ionitzants (raigs X, raigs gamma, raigs UV) com les corpusculars (radiacions  $\alpha$  i  $\beta$ ).

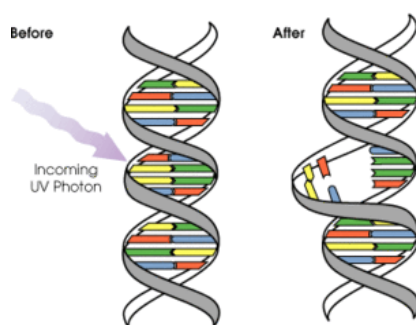


Fig 18: Les radiacions poden causar desperfectes en les cadenes d'ADN [www.eurekalert.org](http://www.eurekalert.org)

Els agents químics que poden provocar mutacions poden ser de naturalesa diversa. Són compostos que procedeixen de diversos àmbits, per exemple: alguns plaguicides com el DDT, alguns additius alimentaris com nitrats (conservant), el ciclamat, la sacarina (edulcorants) o hidrocarburs aromàtics policíclics com el benzopirè (present en fumats), alguns antibiòtics, fàrmacs anticancerígens i una quantitat important de compostos químics d'ús industrial com el formaldehid, l'estirè etc. Així mateix alguns metalls i metaloides com el plom, el cadmi, el crom o l'arsènic tenen propietats mutagèniques. Encara que aquests elements es troben a la natura es poden convertir en un perill potencial per culpa de les activitats humanes.

Els agents biològics són, per exemple, els virus, que al unir-se amb l'ADN de la cèl·lula infectada pot produir mutacions en aquesta.

### 3.2.2.1 El Cadmi

El cadmi és l'element de nombre atòmic 48. És un metall pesant present en l'escorça terrestre normalment en combinació amb el zinc. És un element que produeix efectes tòxics en els organismes, fins i tot en concentracions molt petites produint problemes com ara mutacions en les cèl·lules. És un bon exemple d'agent químic.

L'home s'exposa al cadmi normalment per via oral en menjar aliments contaminats, ja que el cadmi entra al corrent sanguini després de ser absorbit per l'estómac. Alguns dels aliments contaminats poden ser vegetals de fulla, marisc o els xampinyons. Una altra font important de contacte amb el cadmi és el fum de tabac que absorbim per via inhalatòria, ja que tant les fulles de tabac com el paper de fumar contenen cadmi, que viatja amb aquest fum i se'n diposita als pulmons. Usualment, per la sang és absorbit de l'1 al 5% del cadmi ingerit, mentre que absorbim del 30 al 50% de l'inhalat. Per això, els fumadors solen tenir el doble de cadmi en l'organisme que els no fumadors.

Una vegada absorbit el cadmi és transportat al fetge per la sang, on s'uneix a una proteïna i és traslladat fins als ronyons, on és filtrat i emmagatzemat a les cèl·lules tubulars renals. Aquests



Fig. 20: El tabaquisme és una de les principals vies de contacte de les persones amb el cadmi

excreten de l'1 al 2% del cadmi absorbit, cosa que provoca una gran acumulació de cadmi als ronyons, unes 10.000 vegades més alta que al torrent sanguini. La excreció fecal és mínima i de cadmi no absorbit pel sistema gastrointestinal.

El cadmi és fortament retingut per l'organisme i té una vida biològica en els humans d'entre 13 i 40 anys.

Els efectes del cadmi poden tenir lloc a diferents nivells, a nivell cel·lular, citotoxicitat: capacitat d'ocasionar danys a les cèl·lules o sobre el material genètic, genotoxicitat: capacitat d'un tòxic de produir danys en el material genètic. Entre els símptomes que es pot produir per intoxicació amb cadmi hi ha símptomes gastrointestinals, fragilitat òssia, problemes de fertilitat, danys al sistema nerviós i al sistema immunològic, danys renals i danys a l'ADN. En animals exposats durant llargs períodes al cadmi per inhalació, s'ha observat l'aparició de càncer de pulmó. Estudis en éssers humans també suggereixen que una inhalació perllongada de cadmi pot resultar a incrementar el risc de contraure càncer pulmonar, com en el cas dels

fumadors. Recentment, en un estudi s'ha comprovat la seva relació amb el càncer de mama en dones amb alt contingut de cadmi en l'orina.

Tot i que la toxicitat del cadmi és evident, encara no s'han fet investigacions formals sobre els efectes del cadmi en l'organisme. És molt possible que patiments com el càncer o malalties renals estiguin lligades a l'exposició al cadmi. La investigació ajudaria, a més, a aprofundir en els mecanismes bàsics de dany i permetria un millor enteniment de la toxicitat del cadmi i el seu possible tractament.

La font més important de descàrrega de cadmi al medi ambient és la crema de combustibles fòssils (com ara carbó o petroli) o la incineració de les escombraries domèstiques comunes. En l'activitat humana forma part de subproductes en la extracció de zinc, coure i plom. L'aplicació de certs fertilitzants o d'excrement d'animals en el sòl destinat al cultiu d'aliments pot augmentar el seu nivell de cadmi, cosa que pot causar un augment en el nivell del metall dels productes.

El cadmi no es troba en quantitats preocupants en l'aigua; no obstant això, pot contaminar-la quan aquesta viatja a través de les canonades (que moltes vegades estan soldades amb materials que ho contenen) o quan entra en contacte amb deixalles químiques (com ara els residus d'extracció esmentats anteriorment).



Fig. 19: L'extracció de zinc és la principal activitat humana que produeix cadmi.  
<http://twfl.blogspot.com/>

### 3.3. Ús d'*Allium cepa* per a l'anàlisi de la genotoxicitat i citotoxicitat (8, 11, 13, 16, 21, 24)

El test amb *Allium cepa* és un test clàssic que s'ha estat utilitzant per trobar efectes dels compostos químics en el cicle cel·lular i els cromosomes des de 1938. Es fa servir també pel seguiment de l'impacte quantitatiu dels compostos químics sobre el creixement de les arrels en molts laboratoris.

L'*Allium cepa* és una espècie que és fàcil d'utilitzar al laboratori i que el seu baix nombre de cromosomes ( $2n=16$ ) simplifica l'observació d'anomalies i resulta molt sensible a la presència de tòxics.

### **3.3.1 Efectes que es poden observar en el test *d'Allium cepa***

Els efectes que es poden observar utilitzant aquesta espècie són els efectes macroscòpics (creixement de les arrels) o bé microscòpics on es poden veure efectes en el cicle cel·lular o sobre els cromosomes.

#### **3.3.1.1 Efectes macroscòpics: creixement d'arrels**

A causa dels efectes d'agents químics les arrels que hi estan en contacte poden reduir el seu creixement, la qual cosa manifesta la toxicitat d'aquest agent. Per mesurar-la es posa en contacte bulbs amb diferents concentracions de tòxic i es mesura posteriorment la llargada de les arrels comparant-ho amb un control sense tòxic. A partir d'aquests resultats es construeixen corbes dosi-resposta en la qual es pot calcular la concentració efectiva 50 (CE50), que és aquella concentració a la qual es produeix el 50% del creixement del control. Aquesta és una dada que es fa servir per comparar la toxicitat de diferents substàncies.

#### **3.3.1.2 Efectes microscòpics**

##### **3.3.1.2.1 Variació de l'índex mitòtic**

L'índex mitòtic (IM), que es caracteritza pel nombre total de cèl·lules que es divideixen en el cicle cel·lular, s'ha utilitzat per analitzar la citotoxicitat de diversos agents.

Els nivells de citotoxicitat d'un agent poden ser determinats per l'augment o disminució del IM. Un IM considerablement inferior al control negatiu pot indicar alteracions, derivades de l'acció química de substàncies en el creixement i desenvolupament dels organismes exposats. D'altra banda, un IM més alt que el control negatiu és el resultat d'un augment en la divisió cel·lular, que pot ser perjudicial per les cèl·lules, conduint a una proliferació cel·lular desordenada i fins i tot a la formació dels teixits tumorals.

### 3.3.1.2.2 Aberracions cromosòmiques

Les aberracions cromosòmiques (AC) es caracteritzen per qualsevol canvi en l'estructura dels cromosomes o canvis en el nombre total de cromosomes, el que pot presentar-se de forma espontània o com a resultat de l'exposició a agents físics o químics i són visibles a nivell microscòpic. Les AC estructurals poden ser induïdes per diversos factors, com ara ruptures en l'ADN, la inhibició de la síntesi d'ADN o la replicació de l'ADN alterat. El canvi en el valor numèric dels cromosomes, com ara la aneuploidia o la poliploidia, són conseqüències d'una segregació anormal d'aquests, que pot passar de manera espontània o per l'acció d'agents.

Algunes de les AC observables en el test d'*Allium cepa* són les següents:

-Trencament de cromosoma: on un fragment es trenca i separa del seu lloc inicial. Al trencar-se, pot ser que aquest fragment s'uneixi a algun altre cromosoma, donant lloc a aberracions com ara inversions o translocacions, o que es perdi causant el que anomenem delecció.

- Pont entre cromosomes : es forma quan un cromosoma anormal té dos centròmers que es senten atrets per pols diferents, formant un pont cromosòmic irregular que enllaça les dues cèl·lules filles que s'estàn formant. Finalment, la cromàtida anòmala es trenca en dos o es deixa enrere durant la mitosis.

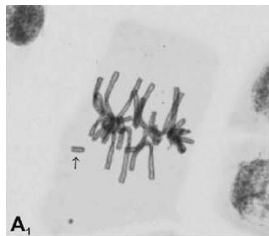


Fig. 21. Metafase amb delecció. *Allium cepa* test in environmental monitoring: A review on its application

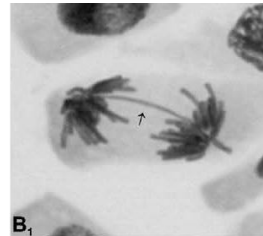


Fig. 22. Anafase amb pont cromosòmic. *Allium cepa* test in environmental monitoring: A review on its application

-Mitosis multipolar : AC on els cromosomes són atrets per més de dos pols. Es un fenomen normalment associat a l'augment en el nombre de centrosomes. Els resultats d'aquest tipus d'AC són diversos: primer, els pols podrien tornar a unir-se, formant una cèl·lula bipolar i dividint-se de manera normal. En segon lloc, la cèl·lula podria donar lloc a diverses cèl·lules filles (no necessàriament el mateix nombre que de pols). Finalment la cèl·lula podria aturar-se, sense dur a terme la citocinesi.

En la majoria dels casos és gairebé impossible que els cromosomes tornin a la seva distribució adequada, així, la mitosis multipolar és una font important d'inestabilitat genòmica.

-Pèrdua de cromosoma: com en el primer cas, es trenquen els cromosomes, però en aquest cas és un cromosoma sencer el que es perd.

-Adherència entre cromosomes, que pot provocar un aglutinament entre aquests. En la imatge es veu una metafase anòmala per causa d'adherències. Això pot produir els ponts anteriorment esmentats.

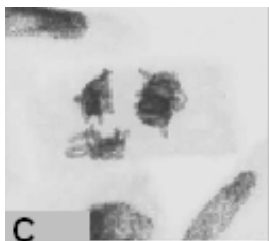


Fig. 23 Mitosi multipolar. *Allium cepa* test in environmental monitoring: A review on its application

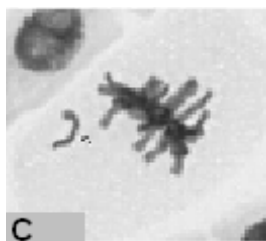


Fig. 24 Pèrdua de cromosoma. *Allium cepa* test in environmental monitoring: A review on its application

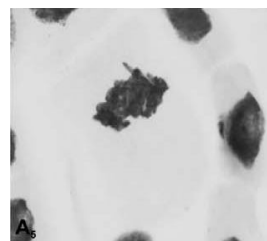


Fig.25 Metafase amb adherència. *Allium cepa* test in environmental monitoring: A review on its application

### 3.3.1.2.3 Anomalies nuclears

A més de les aberracions cromosòmiques hi ha altres elements dins l'anàlisi de les cèl·lules meristemàtiques d'*Allium cepa* que hi poden estar relacionades. Un d'aquests són les anomalies nuclears (AN). Les AN es caracteritzen per alteracions morfològiques en el nucli interfàsic, com a resultat de l'acció d'un agent. En general, dins la prova d'*Allium cepa*, aquestes anomalies es presenten en forma de nuclis lobulats (Fig. 26), nuclis amb brots nuclears (Fig. 27) o cèl·lules polinuclears entre d'altres.

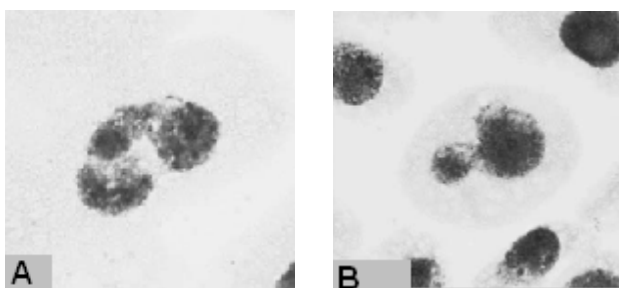


Fig 26 i 27: Nuclis cel·lulars amb anomalies nuclears *Allium cepa* test in environmental monitoring: A review on its application

### 3.3.1.2.4 Micronuclis

Els micronuclis (MN) són uns petits nuclis que es formen cada vegada que un cromosoma o un fragment d'un cromosoma no s'ha incorporat en un dels nuclis fills durant la divisió cel·lular. Aquest MN es veu en la cèl·lula filla com una estructura semblant al nucli, però d'una mida reduïda.

Així, els MN sorgeixen del desenvolupament d'algunes AC, per exemple, es trenca el cromosoma i es perd. D'altra banda, MN encara pot derivar d'altres processos com ara la poliploidia, que sorgeix de l'eliminació per part del nucli del material genètic sobrant per restaurar les condicions normals de ploidia.

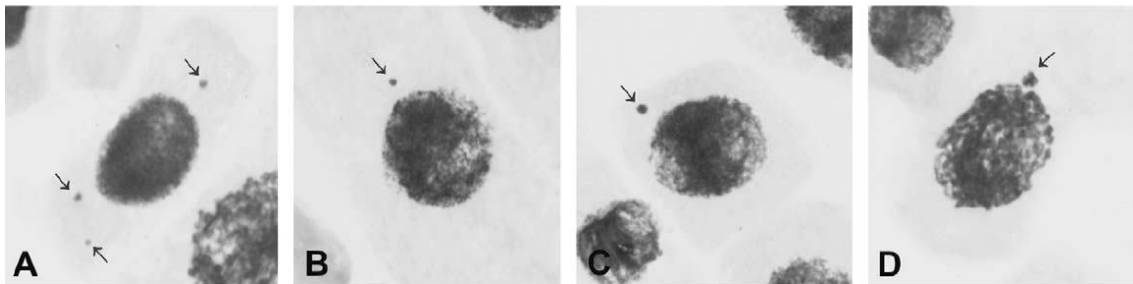


Fig 28

Fig. 29

Fig. 30

Fig 31

(Fig 28-31) Diferents cèl·lules amb micronuclis *Allium cepa* test in environmental monitoring: A review on its application

## 4. Pràctica: Efecte del cadmi en *Allium cepa*

En aquest experiment posaré en contacte cèl·lules meristemàtiques de ceba amb diferents concentracions de cadmi i analitzaré els diferents resultats amb els fonaments teòrics explicats anteriorment.

### 4.1 Objectius de l'experiència

- Observar els efectes macroscòpics del cadmi sobre el creixement de la arrel.
- Observar els efectes de diferents concentracions de dissolucions de cadmi sobre la mitosi dels teixits de l'arrel de l'*Allium cepa*.
- Establir el tipus d'arrels més idoni per obtenir més cèl·lules en reproducció.
- Establir el tipus de material més idoni per facilitar el creixement d'arrels.
- Observar la diferència dels efectes de l'aigua destil·lada i l'aigua mineral.
- Observar l'efecte de la temperatura sobre el creixement de les arrels

### 4.2 Hipòtesi

Les hipòtesis que plantejo a partir d'aquests objectius són que:

- El tipus d'aigua utilitzada en fer germinar les llavors no influirà en el creixement inicial.
- El cadmi afectarà negativament al creixement de les arrels i farà que hi hagin alteracions en el cicle cel·lular com per exemple aberracions cromosòmiques o canvis en l'índex mitòtic.
- Els resultats amb arrel de llavor i arrel de bulb seràn semblants davant els efectes del cadmi.
- La temperatura ambiental afectarà al creixement de les arrels.

### 4.3. Material (4, 7, 12, 22)

Portaobjectes i Cobreobjectes:

Un portaobjectes és una placa de vidre rectangular de 76x26mm on es dipositen les mostres del microscopi. Un cobreobjectes és un vidre molt prim quadrat que s'utilitza per cobrir les preparacions.



Fig.32. Portaobjectes. <http://www.microcilmanufacturers.com>

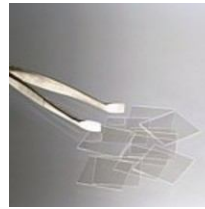


Fig.33: Cobreobjectes. <http://macur.net>

### Agulla emmanegada:

L'agulla és un estri format per una agulla unida a un mànec. Es fa servir per manipular les mostres i per acompanyar el cobreobjectes en el moment de fer les preparacions.

### Llanceta:

La llanceta, també anomenada bisturí o escalpel, és un instrument en forma de ganivet petit, de fulla fina, punxeguda i intercambiable. Aquesta es fa servir, bàsicament, com a eina de tall.



Fig.34: Agulla emmanegada. <http://www.lalepidoteca.com>



Fig.35: Llanceta. <http://www.inversionesmoravia.com>

### Comptagotes :

Un comptagotes és un tub buit acabat en la seva part inferior en forma cònica i tancat per la part superior per un didal de goma o plàstic. S'utilitza per transvasar petites quantitats de líquid, gota a gota.

### Vas de precipitats:

És un recipient cilíndric de vidre que s'utilitza per contenir i transvasar líquids i per escalfar substàncies. Va provist d'un bec que facilita l'abocament de líquids i sol portar marcada una escala graduada en mil·lilitres, que permet mesurar diferents volums, encara que no amb gran precisió.

### Pinces:

Formades normalment de metall, serveixen per agafar subjectar o comprimir objectes.



Fig.36: Comptagotes de plàstic.  
<https://scalamodels.com>



Fig.37: Vas de precipitats.  
<https://chemicalparadigms.wikispaces.co>



Fig. 38: Pinces de metall.  
<http://www.lahotienda.com>

### Orceina (A i B):

Colorant que tenyeix de color vermellós que fem servir per tenyir els cromosomes de les cèl·lules de ceba. La diferència entre la solució A i la B és que la A conté HCl per tal d'estovar les cèl·lules i que així es tenyeixin millor.



Fig. 39: Orceina A i B

### Sulfat de cadmi ( $CdSO_4$ ):

Compost que conté cadmi, que és l'element del qual pretenem observar els efectes tòxics. Aquest compost és soluble en aigua, cosa que ens permet preparar dissolucions de diferents concentracions.



Fig. 40: Sulfat de cadmi. <http://www.indiamart.com>

### Fogonet:

És un recipient de vidre que conté alcohol de cremar. Té una obertura a la part superior d'on surt una corda, que va des de l'alcohol fins a l'exterior. Al apropar foc a la corda, aquesta comença a cremar, ja que ha absorbit l'alcohol. És una eina que s'utilitza bàsicament per escalfar.



Fig.41: Fogonet. [www.tqlaboratorios.com](http://www.tqlaboratorios.com)

### Pipeta/pipeta automàtica:

Instrument que permet mesurar volums i agafar líquids. Són un tub, normalment de vidre, obert per un extrem i amb algun mecanisme de succió en l'altre. Algunes estan graduades, d'altres, anomenades pipetes automàtiques, permeten escollir un volum determinat per agafar, fet que estalvia haver de fer servir la graduació, ja que sempre s'agafa la quantitat escollida.



Fig. 42: Pipeta automàtica. [www.labnet.es](http://www.labnet.es)

### Placa de Petri:

La placa de Petri és un recipient rodó, de cristall o plàstic, amb una coberta de la mateixa forma que la placa, però una mica més gran de diàmetre, perquè es pugui col·locar damunt i tancar el recipient.



Fig. 43: Placa de Petri <http://www.analytica.com.co>

### Balança de precisió:

Balança molt precisa, que permet pesar substàncies fins a la dècima de mil·ligram.



Fig 44: Balança de precisió.

### Aigua mineral:

Aigua en la que farem créixer la majoria de les arrels. Farem servir només una marca, Viladrau en el meu cas, per mantenir variables, com ara la concentració de sals, constants.

### Arrels de ceba:

Deixades créixer en aigua i diverses concentracions de cadmi, seran les cèl·lules que observarem pel microscopi. N'utilitzarem de dos tipus: arrels del bulb i arrels de llavors posades a germinar.



Fig. 45: Llavors de ceba.



Fig 46: Bulb de ceba

### **4.3.1 Microscopi òptic (Motic):**

Un microscopi òptic o compost és una eina que ens permet observar objectes que són massa petits per a ser vistos a simple vista. Es tracta d'un instrument òptic de diverses lents que permeten obtenir una imatge augmentada del objecte a observar. En aquest cas, es farà servir un Motic, que és un microscopi òptic que permet crear fitxers amb imatges digitals a partir de preparacions microscòpiques. Això ho aconsegueix gràcies a una càmera que porta. A més, permet altres funcions com ara mesurar, calculant automàticament la mida real dels cossos observats, la creació de vídeos i permet retolar i assenyalar estructures.

#### **4.3.1.1. Parts del microscopi:**

##### Part mecànica:

- A) Platina: suport en que es situen les preparacions. Té una perforació al centre que deixa passar la llum que ve del condensador.
- B) Braç: uneix el tub amb la platina.
- C) Peu: base de sujeció del microscopi.

##### Part òptica:

- D) Ocular: lents situades a l'extrem superior del tub, augmenten la imatge formada per l'objectiu. És el lloc per on mira l'observador.
- E) Objectius: Són les lents principals del microscopi ja que són les que formen la imatge augmentada. En un mateix microscopi hi ha diversos objectius de diferents augments, podent canviar d'objectius per augmentar o allunyar la imatge.
- F) Revòlver: Peça mòbil que permet col·locar i moure els objectius per canviar els augments de la imatge.
- G) Tub: Conecta l'ocular i l'objectiu.

##### Sistema d'il·luminació

- H) Focus de llum: la llum que emet haurà d'atravesar la preparació i el sistema òptic del microscopi.
- I) Diafragma: Regula la quantitat de llum que passarà a través de la preparació.
- J) Condensador: concentra el feix lluminós sobre la preparació.

##### Elements d'enfocament:

- K) Roda macromètrica: Permet el moviment ràpid de la platina apropant l'objectiu a la distància d'enfocament.
- L) Roda micromètrica: permet enfocar amb precisió, movent molt lentament la platina.

##### Elements característics del Mòtic:

- M) Càmera: situada al costat dels oculars, captura les imatges que li arriben de la preparació i permet digitalitzar-les i observar-les a l'ordinador.
- N) Obturador lineal de visió directa i/o per la càmera: obturador que té tres posicions possibles. La primera, que les imatges només siguin visibles a través dels oculars. La segona, que les imatges

no es vegin pels oculars i només siguin visibles a la pantalla de l'ordinador, mirant les imatges que arriben de la càmera. I l'última, que permet mirar pels oculars i a la pantalla de l'ordinador alhora.



Fig.47; Microscopi optic Motic

#### **4.4. Procediments** (1, 14, 23, 24)

Tots aquests procediments els he dut a terme al laboratori de biologia de l'IES Secretari Coloma i al laboratori d'edafologia del Departament de Productes Naturals, Biologia Vegetal i Edafologia de la Facultat de Farmàcia de la Universitat de Barcelona, estant en aquest darrer sota la supervisió de la Dra. Maria Antònia Garau.

Alguns d'aquests procediments es mostren a les imatges de l'Annex p. 56-57.

##### **4.4.1. Creixement d'arrels**

Abans d'explicar el procediment definitiu descriu una sèrie d'observacions que vaig fer per poder trobar les condicions experimentals. En una etapa preliminar vaig posar a germinar bulbs a l'estiu i vaig tenir molts problemes per aconseguir arrels. Al final, em vaig adonar que les arrels no surtien per causa de la calor (temperatures per sobre de 28°C). Quan les posava el cap de setmana en un ambient més fresc (uns 22°C) sortien bé. Buscant informació vaig veure que les cebes no germinen a més de 25°C, per tant la temperatura ha sigut un factor que ha calgut tenir en compte per fer aquest experiment. Al Laboratori d'Edafologia em van dir que ho posariem a incubar a 22°C i a les fosques. Les cebes, per desenvolupar arrels necessiten estar en aquestes condicions 24h per començar a fer arrels, i perquè tinguin ja una llargada mesurable amb 3 dies n'hi ha prou. Les llavors necessiten més temps, com 4 o 6 dies, a 25° i a les fosques. També és important saber que al ser cebes comprades no totes surten igual, i cal posar molts bulbs per obtenir un mínim de cebes germinades.

En els experiments definitius, per buscar les concentracions òptimes de treball he utilitzat primer arrels de llavors, ja que són de creixement més homogeni. Després, i depenent dels resultats, he escollit les concentracions per a l'assaig amb els bulbs.

Per a que les arrels entressin en contacte amb el cadmi primer calia fer les diferents dissolucions de diferents concentracions. Totes aquestes les he fet a partir d'una solució mare de 10.000 mg/L. Per fer aquesta solució partim de sulfat de cadmi amb una hidratació de 22/3 mols (al ser una substància cristal·litzada conté aigua, aquest nombre indica el nombre de mols d'aigua per cada mol de sal).

Necessitarem un volum de solució de 100 mL, a partir de la qual farem les dilucions corresponents.

$$0,1L \cdot \frac{10.000 \text{ mg Cd}}{1 L} = 1.000 \text{ mg Cd}$$

Així, per obtenir una solució de 10.000 mg/L hem de posar 1000mg de cadmi en 100 ml d'aigua. La massa molecular del Cd és de 112,4 g/mol, i la sal hidratada té una massa de 340,4 g/mol, per tant:

$$1000 \text{ mg Cd} \cdot \frac{340,4 \text{ mg CdSO}_4 \cdot 22/3H_2O}{112,4 \text{ mg Cd}} = 3.028 \text{ mg CdSO}_4 \cdot 22/3H_2O$$

Es fa la dissolució d'aquesta quantitat en 100 mL d'aigua en un matràs aforat, i un cop ben barrejada es prenen diferents quantitats per anar-les diluint amb aigua i aconseguir les solucions de treball. Els volums es mesuren amb pipeta automàtica de diferent mida segons el cas.

1000 mg /L: Es porta un volum de la de 10.000 mg/L fins a 10 vegades el mateix volum en aigua.

500 mg/L: Es porta un volum de la solució de 10.000mg/L i es porta fins a 20 vegades el mateix volum en aigua.

300 mg/L: Es porta un volum de la solució de 10.000 mg/L i es porta fins a 33,3 vegades el seu volum.

A partir d'aquí, les dilucions es fan de manera similar partint de les solucions de 1000, 500 o 300 mg/L, així s'obtenen solucions de 250, 200, 150, 100, 50, 10, 5 i 2 mg/L.

A la primera tanda, on he posat arrels de llavors he fet servir aigua destil·lada i les concentracions de 50, 100, 150, 200, 250, 300, 500 i 1000 mg/L a més del control en aigua destil·lada. La segona tanda, en canvi, està feta amb aigua mineral (Aigua de Viladrau) i hi he posat tant llavors com bulbs. Les concentracions són 2, 5, 10, 50, 100, 250 i 500 mg/L i el control fet amb aigua mineral sola, sense solució de Cd. Les concentracions de cadmi en les llavors amb aigua mineral són més baixes perquè vaig fer les que estaven amb aigua destil·lada abans i la concentració més baixa de cadmi en aquestes (50mg/L) ja tenia bastant efecte. Així, vaig decidir baixar les concentracions per veure efectes no tant grans.

Per posar les llavors he fet servir plaques de Petri. A cada placa he posat un paper de filtre rodó i 15 llavors. Llavors ho he humitejat amb 1.5 ml de la dissolució corresponent. Després ho he

segellat amb parafilm, un material que deixa passar l'oxigen i el CO<sub>2</sub> però no l'aigua. Aquestes llavors les he deixat una setmana en una incubadora a 22°C i a les fosques.

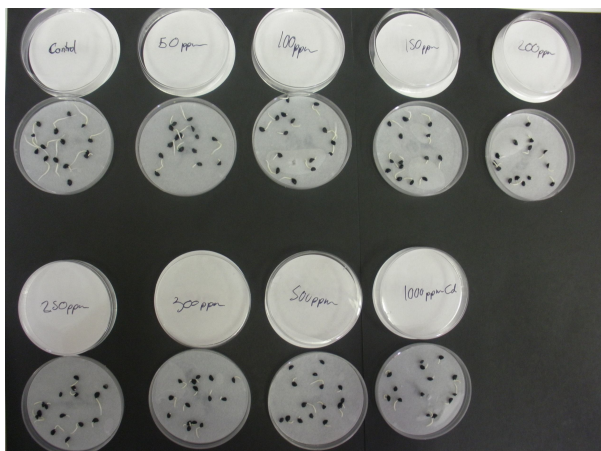


Fig.48: Plaques de Petri amb llavors germinades durant una setmana

Pel creixement dels bulbs primer els he posat tots en vasos de precipitats amb aigua mineral, de manera que només la base del bulb toqui l'aigua, durant un dia sencer per a que les arrels comencin a germinar. Al dia següent cal descartar aquells als que no han sortit arrels i els que en tinguin els poso en contacte amb les solucions de cadmi.

En el meu cas he posat 42 cebes de mida semblant (uns 5cm de diàmetre) en aigua. Finalment, d'aquestes 42 cebes, n'hi ha hagut 24 sense germinar, 8 que tenien poques arrels i 10 que havien germinat bé. Les cebes que han mostrar creixement les he posat en 4 concentracions de solució de Cd diferents (5, 10, 50 i 100mg/L) a més del control, que era únicament aigua mineral. Per a cada concentració he posat 3 bulbs, 2 dels que havien germinat bé i un que tenia poques arrels, cada un marcat amb un número del 1 al 3. Aquests bulbs els he deixat 2 dies a la incubadora a 25°C.



Fig. 49: Cebes posades a germinar amb aigua mineral a la incubadora.

Com que el Cd és un element perillós, la manipulació al laboratori l'he fet prenent les mesures de seguretat pertinents. La preparació de les solucions ha estat feta amb mascareta i guants, i s'ha utilitzat pipetes automàtiques per evitar qualsevol contacte amb la solució, especialment quan era molt concentrada. En la manipulació de bulbs i arrels germinades s'ha utilitzat guants, s'ha esbandit de manera abundant tota la solució prèviament a fer la fixació i preparacions, eliminant el residu líquid de manera adequada. La solubilitat del cadmi fa que sigui fàcil de rentar amb aigua i el fet de no ser volàtil fa que amb la mascareta hi hagi suficient protecció com per a no inhalar-lo.

#### 4.4.2. Mesura de les arrels

Un cop transcorregut el temps de contacte entre les arrels i les solucions he passat a mesurar-les. Ho he fet tallant-les senceres i mesurant-les amb l'ajuda d'un regle mil·limetrat. En el cas de les arrels de llavor les he mesurat totes, mentre que en les de bulb he mesurat les 5 més llargues de cada ceba. Aquestes mesures, un cop llistades n'he fet les mitjanes i expressat els resultats en forma de gràfic de barres, mitjançant el programa MS Office-Excel.

#### 4.4.3. Preparació i tinció

Un cop tallades i mesurades, he fixat les arrels per tal de conservar-les per a l'anàlisi microscòpica. Això ho he fet posant-les en una solució d'etanol/àcid acètic en concentració 3:1 un mínim de 24h.

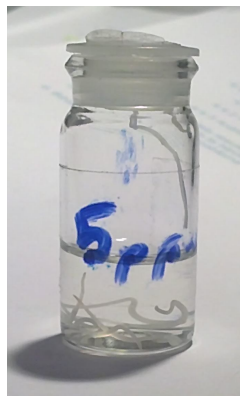


Fig.50: Arrels de ceba en fixador.

Com que no podia fer la preparació de totes les diferents concentracions indicades a la p. 26, pel volum de feina que hagués suposat, he preparat dos o tres concentracions representatives en cada

assaig a més del control (arrels posades únicament en aigua, destil·lada o mineral). Així doncs he agafat una concentració alta de cadmi, una de mitjana i una de baixa per poder veure els efectes generals. De cada concentració he fet dues preparacions, és a dir, n'he fet rèpliques.

Concretament he agafat:

- De les arrels de bulb: preparacions de 5, 50 i 100 mg/L a més del control
- De les arrels de llavor amb aigua destil·lada: preparacions de 50 i 100mg/L a més del control.
- De les arrels de llavor amb aigua mineral: preparacions de 5, 50, 100 i 250 mg/L a més del control. He mantingut les mateixes concentracions que en el cas dels bulbs, per poder fer les comparacions, i he afegit la de 250 perquè semblava que a 100 mg/L els efectes no eren tan acusats com en el cas del bulb.

Per fer la preparació primer he tret les arrels del fixador i les he esbandit abundantment amb aigua destil·lada. Un cop fet això amb el bisturí he fet talls transversals ben fins de la punta de l'arrel que és on es troba el teixit meristemàtic (teixit de creixement vegetal i , per tant, on hi ha gran nombre de cèl·lules en divisió). Normalment es sol desestimar la punta, ja que hi ha una còfia protectora, però com que les arrels de llavor són molt més petites i primes que les de bulb, si es talla la punta es perd part del teixit meristemàtic, així que m'he abstingut de fer-ho. Aquests talls els he posat en un portaobjectes i els he cobert amb unes gotes d'orceïna A durant 20 minuts, després ho he flamejat 2 o 3 cops sense que el colorant arribés a bullir.

Després he retirat la orceïna A amb papers. Ho he fet fent que el paper anés absorbint a poc a poc el colorant, procurant no fregar ni tocar els trossos d'arrel tenyida. Un cop treta l'orceïna A hi he afegit orceïna B i he posat el cobreobjectes ajudant-me de l'agulla emmanegada.

Un cop posat el cobreobjectes, he fet l'*squash*, operació que consisteix en fer una pressió constant i creixent amb el polze sobre el cobreobjectes, posant un paper entre el polze i el cobreobjectes, i procurant fer un moviment rotatori per aixafar i escampar la punta de l'arrel. La pressió s'ha de fer perpendicularment. Així s'aconsegueix que les cèl·lules es situïn en un sol pla.

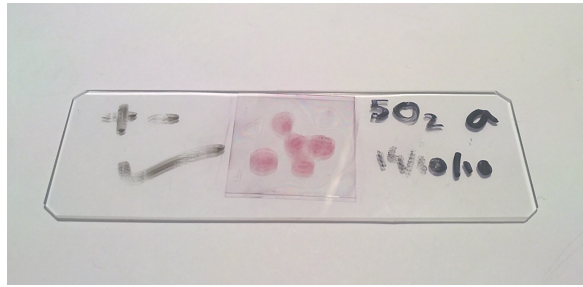


Fig 51: Preparació acabada.

#### 4.4.4. Observació al microscopi

Per observar les preparacions he fet servir un microscopi òptic Motic, que permet fer fotografies digitals de les preparacions.

Per fer-ho primer he posat la preparació a la platina amb l'objectiu escollit i he enfocat. Per enfocar primer cal pujar la platina fins a dalt de tot amb la roda macromètrica sense forçar-ho. Llavors, mirant per l'ocular, girar la roda macromètrica per tal que la platina baixi, allunyant la preparació de l'objectiu, fins que l'objecte s'observi. Per acabar d'ajustar l'enfocament cal girar la roda micromètrica.

Un cop enfocat, he observat tota la preparació. Per fer-ho he fet una escombrada, que és una observació sistemàtica i ordenada de manera que no quedi cap punt de la preparació sense analitzar. Això ho he aconseguit enfocant un extrem de la preparació i movent la platina horitzontalment fins arribar a l'altre extrem de la preparació. Llavors es mou una mica la platina verticalment i es torna a moure horitzontalment però en sentit contrari.

Mentre feia l'escombrada he anat fent fotografies de manera aleatòria, fixant-me en si eren cèl·lules del teixit meristemàtic i estaven ben posades, per a què es comptessin fàcilment, i sense fixar-me especialment en si hi havia anomalies o mitosis, ja que això hauria condicionat els resultats.

De cada preparació he fet entre 10 i 15 fotografies a 720x de diferents camps, ja que a cada camp hi ha unes 100 cèl·lules i per fer les anàlisis es necessita unes 1000 cèl·lules de cada preparació.



Fig. 52: Exemple d'imatge obtinguda amb el Motic

#### 4.4.5. Comptatge i càlculs de l'índex mitòtic

En la fase de comptatge he anat analitzant les imatges com per exemple la fig. 52 apuntant el nombre de cèl·lules que hi havia i en quina fase estaven. He analitzat les imatges necessàries per a que el nombre de cèl·lules comptades de cada preparació estigués a prop del 1000. Per fer-ho, m'he ajudat del programa Paint de Windows, marcant cada cèl·lula comptada per no descomptar-me i canviant el color depenent de si la cèl·lula estava en interfase o en alguna de les fases de la divisió cel·lular. En aquestes imatges també he buscat les anomalies causades per l'addició de cadmi. Així, les principals anomalies que he tingut en compte són els micronuclis, les anomalies nuclears i aberracions cromosòmiques com els ponts cromosòmics, les delecions i les adherències cromosòmiques seguint el que s'explica en l'apartat de fonaments teòrics. Si he trobat alguna altra anomalia en les cèl·lules diferents de les anteriors també ho he considerat.

L'índex mitòtic és el resultat de dividir el nombre de cèl·lules que estan en mitosi en un cultiu cel·lular entre el nombre de cèl·lules totals, donat en tant per cent, i serveix per fer-se una idea de la quantitat de cèl·lules que estan en divisió.

$$IM (\text{índex mitòtic}) = \frac{\text{nombre de cèl·lules en mitosi}}{\text{nombre de cèl·lules totals}} \cdot 100$$

## 4.5. Resultats

### 4.5.1. Observacions

Abans de tallar i mesurar les cèl·lules, a nivell visual podem observar diversos fets:

En general, veiem que les arrels són més curtes a mesura que augmentem la concentració de cadmi. Es poden consultar les imatges a l'Annex p. 51-55.

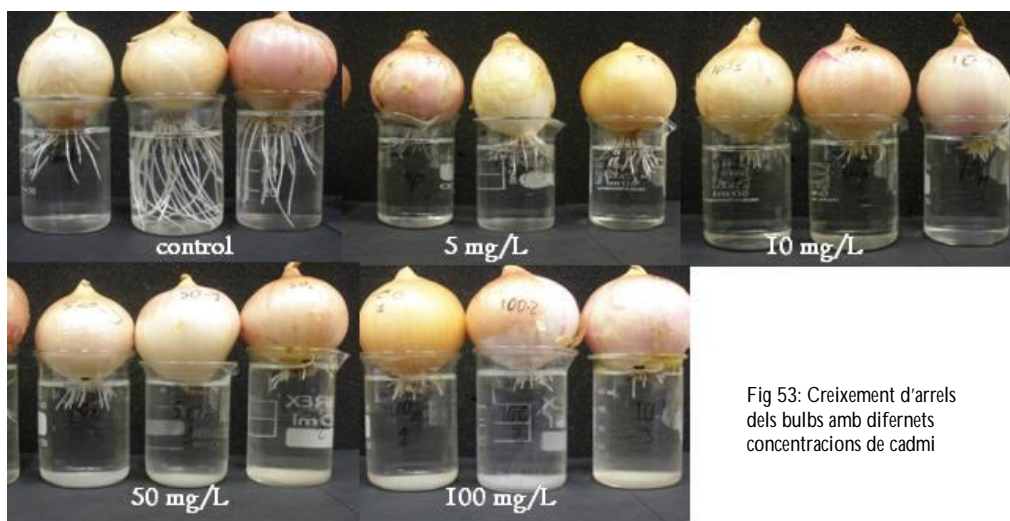


Fig 53: Creixement d'arrels dels bulbs amb diferents concentracions de cadmi

En les arrels de llavors es pot veure com, al germinar, les arrels que han estat en contacte amb el cadmi van cap amunt, tenint el mínim contacte amb el paper de filtre sobre el que estan posades i que conté el cadmi. Aquest fenomen no s'observa en les llavors posades en el control, on el paper només conté aigua mineral, i creixen horitzontalment, enganxades al paper.

Un altre fenomen que s'observa és el creixement anòmal d'algunes arrels de bulb en contacte amb el cadmi. Com s'observa en la imatge les arrels del control creixen rectes cap avall. En canvi, les arrels que han estat posades en contacte amb el cadmi però a concentracions petites, sobretot a 5 mg/L (concentracions que no impedièren el creixement però que afectaven a les cèl·lules) les puntes de les arrels estaven arrissades amb les puntes encarades cap amunt (Fig. 54)



Fig. 54: Es veu la diferència entre les arrels del control (esquerra) i les de la ceba posades a 5mg/L (dreta)

#### 4.5.2. Creixement de les arrels

En les gràfiques següents es poden observar el creixement de les arrels segons siguin de bulb, amb aigua mineral (AM), llavors amb aigua destil·lada (AD) o mineral (AM). Es poden observar les concentracions de Cd (variable independent) i el creixement de les arrels (variable dependent). Aquest creixement el determinem mesurant la llargada de les arrels i en el gràfic s'hi representa el valor mitjà. Les dades obtingudes es poden consultar en l'Annex p. 1-2.

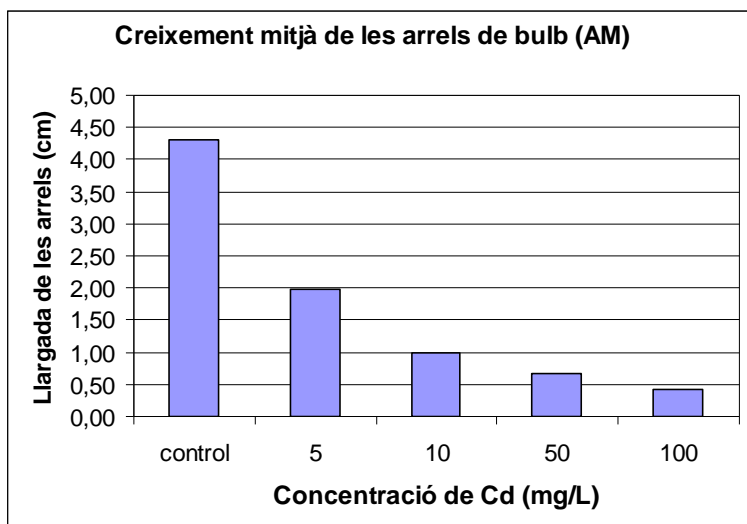


Fig 55: AM: aigua mineral. Cada concentració es va posar en tres bulbs. La mitjana està calculada amb les cinc arrels més llargues de cadascun (per tant, de quinze arrels). Control: només aigua mineral

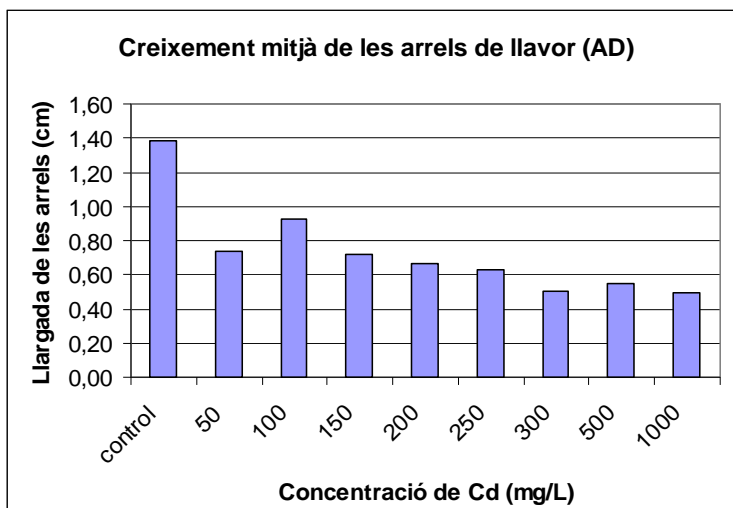


Fig 56: AD: aigua destil·lada. Cada mitjana calculada a partir de les quinze llavors. Control: només aigua destil·lada.

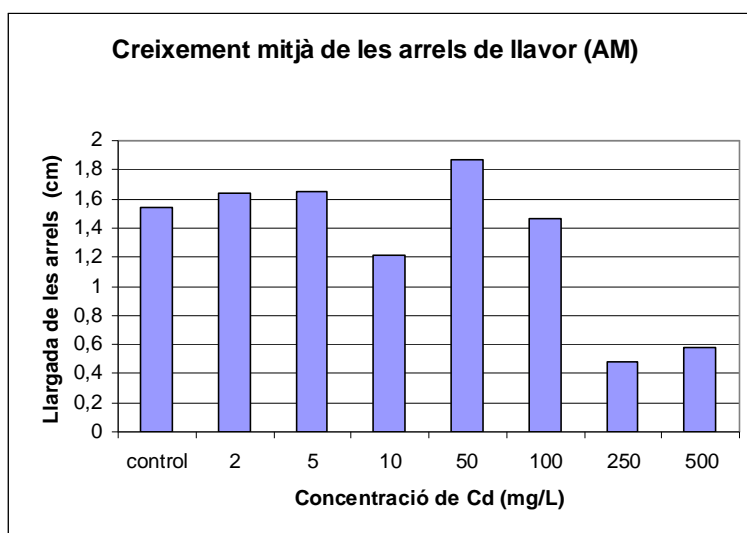


Fig 57: AM: aigua mineral. Cada mitjana calculada a partir de les quinze llavors. Control: només aigua mineral.

#### 4.5.3. Resultats del comptatge de cèl·lules

A la taula següent es poden observar els resultats del comptatge de les cèl·lules fotografiades amb el Motic. Les fotografies són les de l'Annex p.8-50 i el comptatge es troba a l'Annex p. 3-7.

Mostra	Llavor/AD			Bulb/AM				Llavor/AM				
	ctrl	50 mg/L	100 mg/L	ctrl	5 mg/L	50 mg/L	100 mg/L	ctrl	5 mg/L	50 mg/L	100 mg/L	250 mg/L
Índex mitòtic	3	1,74	2	4,01	1,97	0,14	0,28	3,6	1,95	1,78	1,42	0,11
Micronuclis	0	97	33	0	15	57	38	1	12	123	18	64
Anomalies nuclears	0	11	4	0	4	9	10	0	6	12	2	7
Ponts cromosòmics	0	12	2	0	4	1	1	1	2	9	2	0
Adherències	0	3	0	0	1	1	0	0	2	2	2	0
Deleccions	0	3	9	0	3	0	0	0	2	2	4	0
Aberracions totals*	0	18	11	0	8	2	1	1	6	13	8	0
Altres	0	0	0	0	0	0	BM	0	0	cèl. BN	BM	NT

Fig. 58: Índex calculat a partir de dues preparacions, comptant mil cèl·lules a cada una. Ctrl: control, AD: aigua destil·lada. AM: Aigua mineral \*suma de ponts, adherències i deleccions. BM: bimetafase. Cèl. BN: cèl·lula binuclear. NT: nuclis trencats. Les imatges de les quals s'han obtingut les dades es troben a l'Annex: Llavor/AD: p. 8-18 ; Bulb/AM p. 19-32 ; Llavor/AM p. 33-50.

En aquesta taula és on he agrupat totes les dades obtingudes microscòpicament després d'analitzar 2000 cèl·lules obtingudes en 2 preparacions diferents de cada concentració. Totes han estat fotografiades a 720 augments amb em microscopi òptic Motic.

L'índex mitòtic de cada concentració és la mitjana de dos índexs, ja que per a cada concentració he analitzat dos preparacions.

El número de micronuclis és la suma de tots els observats en 2000 cèl·lules observades en 2 preparacions de cada concentració. En les següents imatges es poden veure alguns exemples d'aquests micronuclis:

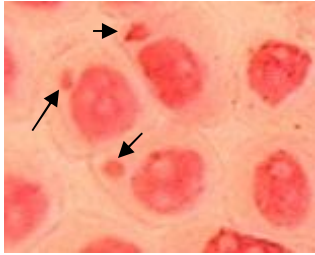


Fig 54

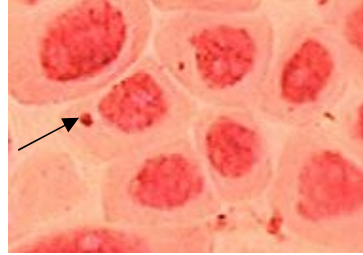


Fig 55



Fig 56

Cèl·lules meristemàtiques amb micronuclis (indicats amb fletxes).

Les anomalies nuclears són uns altres factors que he analitzat, i he pogut trobar coses com les següents:

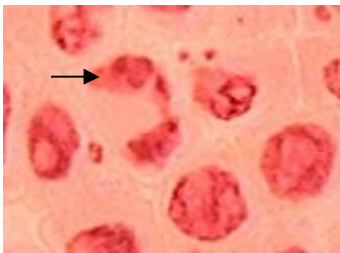


Fig 57

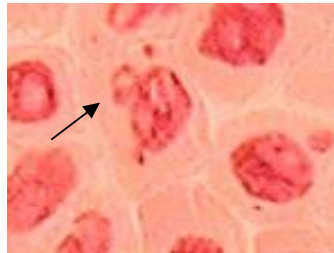


Fig 58

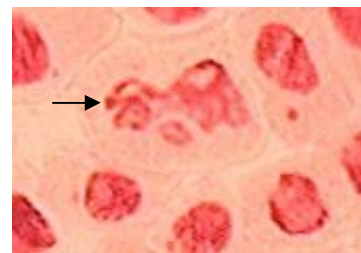


Fig 59

Cèl·lules meristemàtiques amb anomalies nuclears (indicat amb fletxes), concretament amb nuclis lobulats. També es pot observar la presència de micronuclis

Uns altres fenòmens que he observat són les aberracions cromosòmiques i, dins d'aquestes, n'he comptat les més nombroses i que més fàcilment es veien: ponts cromosòmics, adherències i delecions.



Fig 60: Cèl·lula en anafase amb la delecció d'un cromosoma



Fig 61: Cèl·lula en telofase amb dues delecions cromosòmiques (assenyalat). Per la distribució d'aquests cromosomes perduts es pot pensar que aquesta delecció es deu al trencament d'un pont cromosòmic que hi hauria hagut entre els dos pols de la cèl·lula.



Fig 62: Cèl·lula en anafase amb un tros de cromosoma en delecció (assenyalat).



Fig 63: En aquesta imatge veiem una cèl·lula en metafase amb adherència (esquerra) i una cèl·lula en metafase sana (dreta).

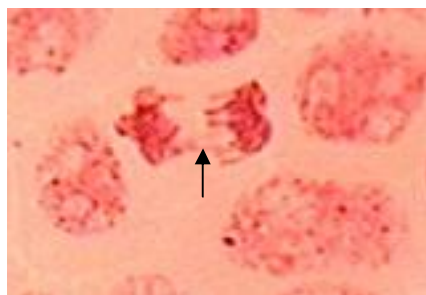


Fig 64: Cèl·lula en telofase amb ponts cromosòmics (indicat).

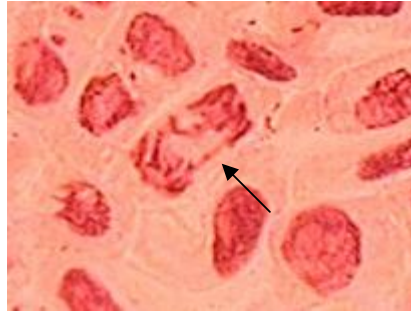


Fig 65: Cèl·lula en anafase amb un pont cromosòmic (indicat). També s'observa la presència de micronuclis i d'una delecció.

A part d'aquests elements, també he vist altres anomalies menys nombroses, com ara la següent:

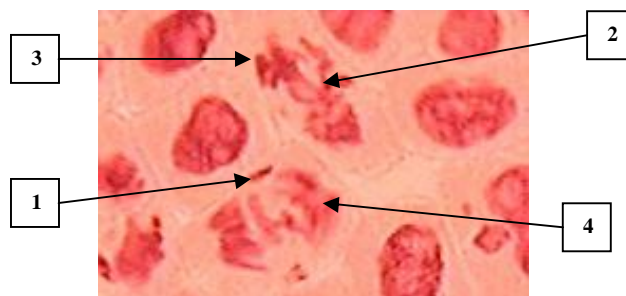


Fig 66: Dues cèl·lules que tenen el nucli molt afectat i presenten diversos problemes: deleccions (1), ponts cromosòmics (2), alguna adherència (3), zones que sembla que el material genètic no està en forma de cromosomes (4)...

#### 4.6 Anàlisi dels resultats (14, 24)

Amb la realització d'aquest experiment podem treure diverses conclusions fixant-nos i contrastant les diferents variables i els efectes que han produït. Aquests es podrien classificar en dos tipus: els efectes macroscòpics, on tindrem en compte el creixement de les arrels i altres factors visibles a ull nu i els efectes microscòpics, on analitzarem l'índex mitòtic (IM) i les possibles anomalies i mutacions cel·lulars.

##### 4.6.1 Efectes de les diferents aigües.

Per contrastar els efectes de les diferents aigües ens fixarem en els controls de les llavors.

Tal com es veu en els gràfics (Fig. 56 i Fig. 57) el creixement mitjà del control es veu poc alterat fent servir diferents aigües. Les dues mesures (1,39cm amb aigua destil·lada (AD) i 1,54cm amb

aigua mineral (AM)) són semblants, essent la diferència entre elles (1,5mm) massa petita com per a ser considerada molt rellevant.

Si ens fixem en la taula dels resultats de microscopia (Fig. 58) podem comparar els IM i les anomalies de les cèl·lules. Com es pot veure l'IM de les llavors en AM és una mica superior al de les llavors en AD i això concorda en el creixement d'aquestes arrels, on el de les llavors en AM és superior al de les llavors en AD.

Amb aquests resultats podríem argumentar que l'aigua afecta en certa manera al creixement de les llavors, ja que hi ha diferències, germinant millor amb AM. Malgrat tot, el creixement mitjà de les llavors amb les concentracions més baixes de contaminant ja disten bastant d'aquests índexs, així que amb els dos tipus d'aigües es poden veure resultats. Tot i això, seria més adequat l'ús d'AM per tal de tenir un marge de creixement més ampli.

En la germinació de les llavors el més indispensable és que hi hagi aigua, foscor i temperatura adequada, uns 25°C. Les diferències de creixement de les arrels es diferenciarà un cop hagin germinat perquè poden contactar amb el medi diferent. La concentració salina de l'aigua mineral sembla més adequada.

#### **4.6.2. Efectes del cadmi en les cèl·lules del teixit meristemàtic.**

Per analitzar els efectes del cadmi analitzarem per una banda els efectes observats en els bulbs i per l'altra els efectes en les llavors.

##### **4.6.2.1 Efectes en el bulb.**

###### **4.6.2.1.1 Efectes macroscòpics**

Si observem la gràfica de creixement de les arrels (Fig. 55) es pot veure clarament que el cadmi té un efecte inhibitori en les cèl·lules d'*Allium cepa*. La llargada de les arrels va baixant a mesura que augmentem la concentració, fins que el creixement queda pràcticament inhibit a partir dels 50 mg/L (cal tenir en compte que les arrels havien crescut prèviament en aigua mineral). Amb

aquestes dades es pot calcular la Concentració Efectiva 50 (CE50) en *Allium cepa*. La CE50 és la concentració d'una substància en el sistema que causa el 50% de la resposta màxima. En el nostre cas seria la concentració de cadmi que fa que el creixement de les arrels sigui la meitat que la del control. La CE50 és la magnitud bàsica per a representar els efectes tòxics d'una substància. La podem trobar fent servir una gràfica que relacioni el creixement de les arrels amb la concentració, anomenada corba dosi-resposta.

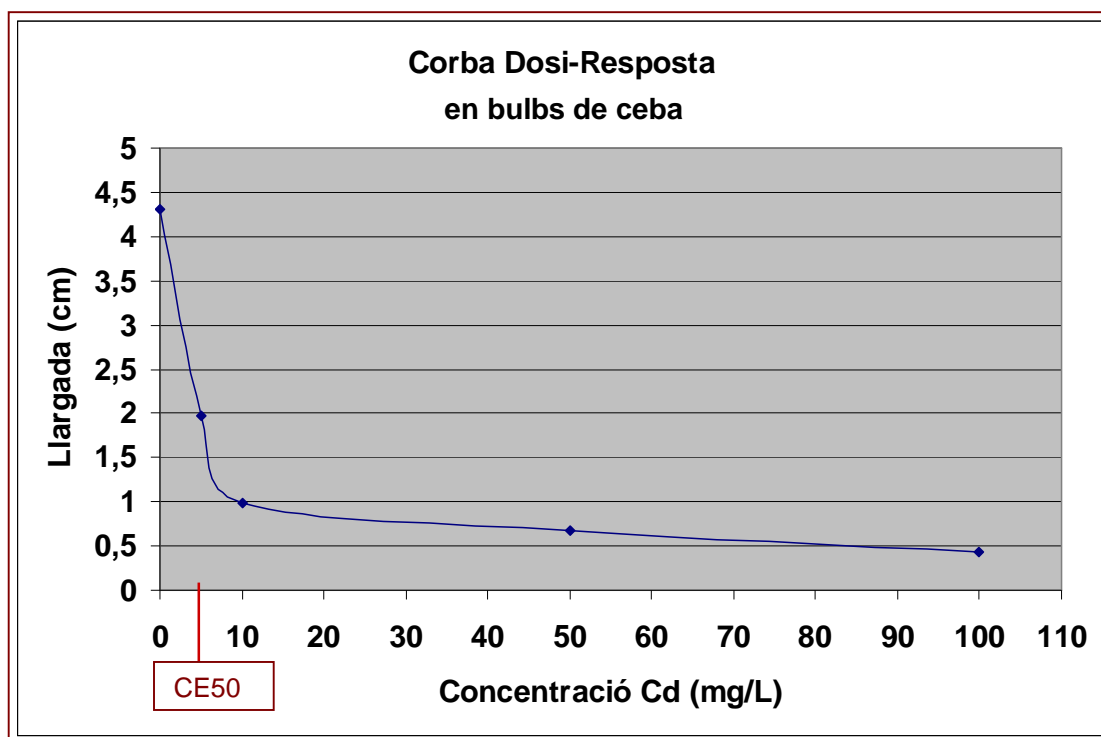


Fig. 67: Corba dosi-resposta. Relaciona el creixement de les arrels dels bulbs amb la concentració de Cd.

Com que el creixement del control és 4,3cm, la CE50 és aquella en la qual les arrels mesuren la meitat de la diferència entre el valor màxim, 4,3cm, i el mínim assolit per la concentració més alta (100mg/L) que són 0,48 cm. El resultat és, per tant, 1,91cm. A aquest nombre li tornem a sumar 0,48cm. Prenem el 0,48 com a efecte negatiu màxim perquè totes les cebes parteixen d'unes arrels amb llargada mínima que coincideix amb la de la dosi més alta, que no ha crescut. La CE50, doncs estaria als 2,39cm de creixement. Si ens fixem en el gràfic, veiem que aquesta concentració CE50 està al voltant de 5mg/L.

Consultant resultats d'altres autors he vist que el CE50 de Cd sobre *Allium cepa* anava variant des de 3,7 mg/L fins a 5,6mg/L. Amb això es pot veure que el nostre resultat està en el mateix ordre.

#### **4.6.2.1.2 Efectes microscòpics.**

Si consultem la taula (Fig. 58) podem veure que en general l'IM va baixant a mesura que la concentració de Cd augmenta, producte de l'efecte inhibidor d'aquest tòxic (la petita pujada a 100mg/L es podria deure tant a la variabilitat com a algun petit error, però és poc significativa). Observant els micronuclis (MN) podem veure com va augmentant el seu nombre a mesura que augmentem la concentració amb algunes excepcions a les concentracions de cadmi més altes. Les anomalies nuclears també augmenten a mesura que la concentració de Cd augmenta. Les aberracions cromosòmiques (AC), en canvi, apareixen en gran nombre a les concentracions més petites i van disminuint a mesura que augmentem la dosi de cadmi. Això es produeix perquè aquestes AC es poden veure durant la divisió cel·lular. En les concentracions baixes d'agent tòxic es produeixen diverses divisions i l'efecte de l'agent fa que apareguin les anomalies. En les concentracions més altes, en canvi, el creixement queda inhibat i es produeixen moltes menys divisions cel·lulars, cosa que fa que apareguin menys aberracions. En general, les AC més comunes serien els ponts cromosòmics.

#### **4.6.2.2 Efectes en les llavors**

##### **4.6.2.2.1 Efectes macroscòpics**

Observant la gràfica de creixement (Fig. 57) podem veure que en aquest cas la llargada de les arrels tendeix a augmentar amb l'increment de concentració de cadmi. Aquest augment de llargada té lloc fins als 50mg/L i des dels 100mg/L el creixement es comença a inhibir. Aquest és un fenomen anomenat hormesi. La hormesi és un fenomen de resposta a la dosi caracteritzat per una estimulació per dosi baixa i una inhibició per a dosis altes, que dona com a resultat una corba de resposta forma de J o d'U invertida. Això succeeix perquè l'organisme estimula el seu creixement i els seus processos metabòlics per fer front als efectes negatius de l'agent tòxic quan aquest es troba encara en concentracions tolerables.

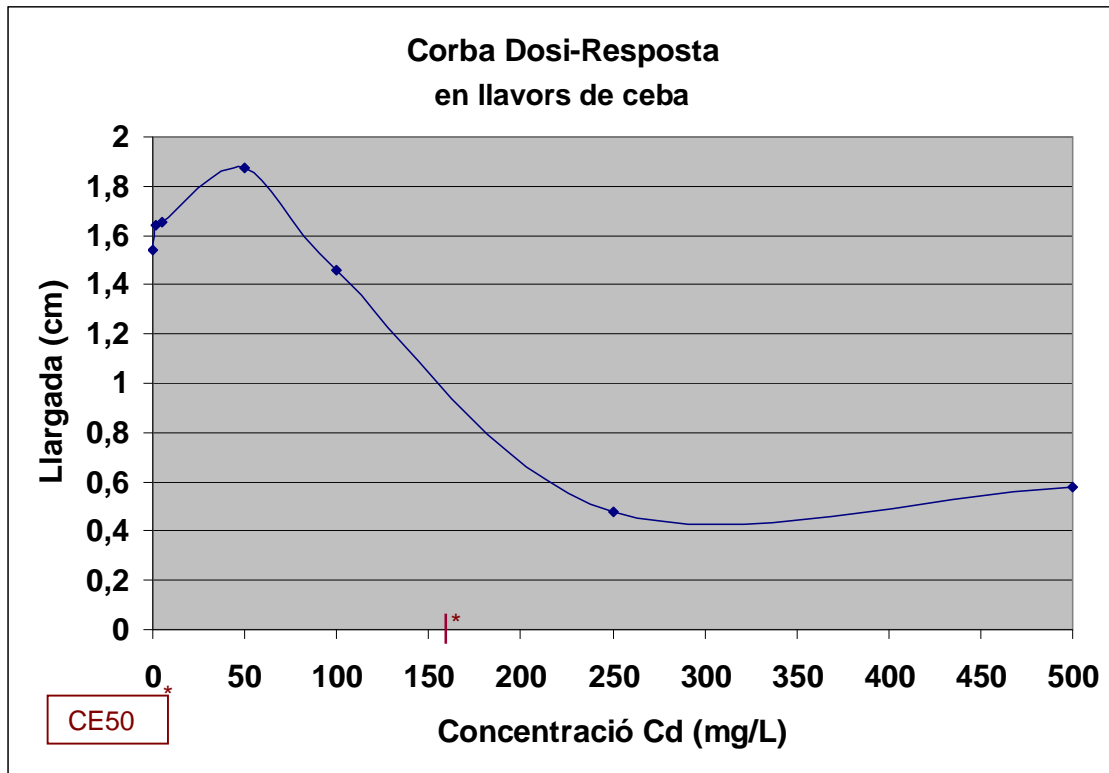


Fig.68: Corba dosi-resposta. Relaciona el creixement de les llavors amb la concentració de Cd

Aquí contarem com a valor màxim el control, ja que tot i que hi ha valors més alts, aquests estan sota l'efecte del cadmi. Veiem que la mitjana del control és aproximadament 1,5cm i els valors més baixos trobats són de 0,4cm. Per tant, la CE50 serà la concentració en que les arrels mesurin uns 0,95cm. Si mirem la gràfica, veiem que aquesta llargada es troba cap als 150 mg/L de Cd. Amb aquesta dada podem veure realment que les llavors són molt menys sensibles que el bulb, mentre que uns als 5mg/L ja s'inhibeix el creixement a la meitat, a les altres cal una concentració 30 vegades superior per a produir els mateixos efectes.

La pràctica amb llavors està molt menys extesa, per això no he pogut comparar la CE50 que m'ha donat amb el d'algun altre autor. Amb tot i això, crec que és prou fiable tot i que convindria assajar-ho amb unes quantes concentracions més per acabar de perfilar-ho.

#### 4.6.2.2 Efectes microscòpics

Consultant la taula (Fig.55) veiem que, com al bulb, l'IM va disminuint a mesura que augmentem la concentració de cadmi a l'entorn. En aquest cas, però, la inhibició important de l'IM no apareix fins als 250mg/L de cadmi, enlloc dels 50mg/L del bulb. És en això en el que ens basem per dir que és menys sensible. Els MN també varien segons la concentració. En les més baixes amb prou feines n'hi apareixen, però van pujant fins als 50mg/L, on hi ha el nombre més gran de MN. Una

diferència que podem veure respecte els bulbs és la quantitat de MN que apareixen, ja que n'hi ha un nombre molt més alt.

Igual que als bulbs, el nombre d'aberracions cromosòmiques augmenta a les primeres concentracions i baixa quan comença a haver-hi una inhibició de l'IM important. El nombre d'AC també és considerablement més gran que al bulb.

#### **4.6.3. Diferències dels resultats entre les arrels de llavor i les de bulb.**

El creixement de les arrels de bulb i de llavor no són directament comparables. El que sí que podem comparar és la diferència de creixement quan s'afegeix el contaminant, i sempre comparant amb el control corresponent. Quan treballem amb llavors la presència de cadmi no sembla afectar tant com quan es treballa amb bulb. Per exemple, a algunes concentracions, fins a 100 mg /L en el cas de les arrels, el creixement no és inferior al control i en canvi en bulb aquesta concentració és la que produeix màxima inhibició. Això vol dir que els efectes sobre el creixement resulten més aparents quan es fan servir bulbs, per tant per fer proves de toxicitat convé fer servir aquest material.

Si ens fixem en la taula de resultats microscòpics ( Fig. 58) podem veure que els IM en el control són semblants (3,6 a les llavors i 4 als bulbs), però que la mateixa concentració de cadmi afecta més als bulbs que a les llavors. Amb una concentració de 5mg/L l'IM encara es manté semblant, però quan augmentem la concentració fins a 50 mg/L veiem que al bulb el creixement està gairebé aturat (només un 0,14% de cèl·lules en divisió) mentre que a la llavor, tot i haver disminuït, continua havent-hi un ritme de divisió cel·lular considerable (1,78%). Pel que fa a MN i anomalies nuclears, aquestes són més nombroses en general en l'arrel de llavor, també s'hi ha pogut trobar més aberracions i altres anomalies.

Com es pot observar, doncs, el bulb és més sensible per detectar toxicitat (inhibició del creixement) i canvis en l'índex mitòtic. En canvi, per detectar altres anomalies sembla més indicat utilitzar llavors i a concentracions més altes.

La diferència de creixement es podria deure al diferent contacte de les arrels amb el cadmi. Les arrels de bulb estaven submergides en la solució i, per tant, hi estaven en un contacte obligat. Les

arrels de llavor, en canvi, es trobaven sobre un paper humitejat amb la solució i en créixer cap a dalt evitaven gran part d'aquest contacte i en conseqüència les afectava menys.

La diferència entre els aspectes microscòpics (quantitat de MN, aberracions, etc) entre bulb i llavor podrien deure's a una diferència entre la sensibilitat pròpia del teixit. El teixit de les arrels de la llavor podria ser més sensible que les dels bulb. A més les arrels de llavor són molt més primes que les de bulb, i això faria que el cadmi arribés més fàcilment a un nombre més gran de cèl·lules. El fet que evitéssin el contacte amb l'agent ha fet que sortissin menys sensibles, però un cop hi ha hagut contacte les anomalies apareixen més fàcilment en les llavors que en els bulbs.

Observant els resultats i tenint en compte el procediment, jo recomanaria fer servir el bulb enlloc de la llavor en aquest tipus de proves. Els bulbs són més sensibles que les llavors als efectes tòxics, i el que interessa en aquests experiments és observar els efectes en aquells organismes als quals més afecten els contaminants. Tot i que les arrels tenen factors a favor, com són la homogeneïtat i més poca fal·libilitat o que en elles es poden observar més anomalies, la seva manipulació és més complicada que la dels bulbs, degut a la seva mida més petita i són menys sensibles als efectes sobre el creixement.

## 5. Conclusions

A partir dels resultats i el seu anàlisi es poden deduir les següents conclusions:

- Les condicions òptimes pel creixement d'arrels, tant de llavor com de ceba, són a una temperatura d'uns 25°C , amb presència d'aigua i absència de llum.
- En aquest experiment es pot veure que el tipus d'aigua té un petit efecte sobre el creixement i la divisió cel·lular. Com s'ha vist l'aigua mineral permet que les llargades de les arrels i els índexs mitòtics siguin més grans que en aigua destil·lada.
- El cadmi produeix una inhibició de creixement de les arrels de ceba, tant de bulb com de llavor, directament relacionada amb la concentració de tòxic en el medi de creixement. Aquesta inhibició és més gran a mesura que augmenta la concentració de cadmi.
- El cadmi provoca un descens de l'índex mitòtic ja que s'inhibeix la divisió de les cèl·lules i, en conseqüència, es para el creixement. A més en aquelles concentracions on encara s'observa creixement apareixen anomalies en presència de cadmi. S'han pogut observar micronuclis, anomalies nuclears, i aberracions cromosòmiques provocades per acció del cadmi ja que en el control no se'n trobaven. Entre aquestes aberracions s'ha pogut veure alguns ponts cromosòmics, delecions de fragments de cromosoma i adherència entre els cromosomes en el moment de la mitosi. Aquests efectes observats tenen importància perquè són la principal causa de malalties com el càncer.
- S'ha trobat que hi ha diferències entre utilitzar bulbs i llavors en aquest tipus d'experiment. S'ha vist que el bulb és més sensible als efectes del cadmi que les llavors, tant sobre el creixement com sobre l'índex mitòtic. En canvi, en les llavors s'ha observat amb més facilitat anomalies de diferents tipus malgrat tardar més en ser afectades pel cadmi. En una pràctica per a detectar toxicitat, recomanaria fer servir les arrels de bulb, ja que el que interessa es veure els efectes en els organismes més sensibles.

### 5.1 Valoració personal

Tot i que no és vàlid fer una extrapolació dels efectes del cadmi sobre el creixement d'òrgans humans o sobre com pot afectar el cadmi en les divisions amb mitosi de les cèl·lules humanes, crec que aquesta experiència que he realitzat, al menys, mostra la vulnerabilitat d'aquests processos davant aquest agent químic i pot representar un toc d'alerta sobre la salut humana.

Pel que respecta a mi, per una altra banda, amb aquest treball he aconseguit familiaritzar-me amb tècniques de laboratori i tècniques de microscòpia. Gràcies a aquest treball la mitosi amb les diferents fases, les mutacions, i tots aquests conceptes abans tant teòrics ho han deixat de ser perquè he tingut l'oportunitat de poder aprofundir i entrar en detall no només en els cicles normals, sinó també en aquells que estan alterats. Això ha fet que tots aquests conceptes adquirissin un aspecte molt més real i proper que abans. La quantitat de feina que he fet amb el microscopi i les imatges obtingudes m'han permès familiaritzar-me molt amb la identificació de fases i alteracions. A més he tingut l'oportunitat de treballar en un laboratori universitari i també he pogut fer servir eines com el Motic que es troba a l'IES, que no solen ser a l'abast de la majoria.

Finalment, tot i que he tingut més d'un entrebanc i alguns errors, puc dir que estic satisfeta amb la feina feta i els resultats.

## 6. Bibliografia

### Webs

- 1.[http://88.2.0.99/WEB/DEPARTAMENTOS/cna/3ESO/microscopio4%20\(blanco\).pdf](http://88.2.0.99/WEB/DEPARTAMENTOS/cna/3ESO/microscopio4%20(blanco).pdf)
- 2.<http://biologia.uab.es/genomica/swf/mutacion.htm>
- 3.<http://ciencia.glosario.net/genetica/euploide-4953.html>
- 4.<http://encina.pntic.mec.es/~esarment/imagenes/practicas/PDescripcionMOp.pdf>
- 5.<http://es.wikipedia.org/wiki/Cadmio>
- 6.[http://es.wikipedia.org/wiki/Microscopio\\_%C3%B3ptico](http://es.wikipedia.org/wiki/Microscopio_%C3%B3ptico)
- 7.[http://issuu.com/jboada1/docs/ferrer\\_de\\_la\\_percepcio\\_optica](http://issuu.com/jboada1/docs/ferrer_de_la_percepcio_optica)
- 8.<http://www.biology-online.org>
- 9.<http://www.biologyreference.com>
- 10.<http://www.colegiomaravillas.com/BIO/BACH/downloads/243citocinesis.pdf>
- 11.<http://www.everythingbio.com>
- 12.<http://www.monografias.com/trabajos/microscopio/microscopio.shtml>
- 13.<http://www2.udec.cl/~digentox/glosario/agenteclastogenico.htm>

### Llibres, articles i treballs.

14. Aurazo, Margarita. *Toxicidad aguda del cromo usando Allium cepa*, CEPIS (1995)
15. Bartrés, David; Redolar, Diego (coord) *Bases genètiques de la conducta* Barcelona UOC (2009)
16. Castello Giuseppe, Silvestri Immacolata: *Il linfocita quale dosimetro biologico*. Caleidoscopio (1999)
17. Curtis, Helena; Barnes, Sue: *Biología*. Editorial médica panamericana (2008)
18. E. Guntiñas, J. Mercadé, A. Pardo, A. R. Rogina, M. Santos: *Biología 1 Batxillerat* Ed Casals, 2008
19. H. Raven, Peter; F. Evert, Ray; E. Eichhorn, Susan: *Biología de las plantas*, Editorial Reverté (1991)
20. L. Rost Thomas, G. Barbour Michael, Stocking C. Ralph, M. Murphy Terence: *Plant biology* ; Thomson Brooks (2006)
21. Morais Daniela, Aparecida María, *Allium cepa test in environmental monitoring: A review on its application*. Mutation Research 682 (2009)
22. Pallarès Alberich, Ruth: *Microscopia*. (2009) Treball de recerca cedit per Mercè Barberillo.
23. Pràctica *Observació de la mitosi en arrel de ceba* de l'IES Secretari Coloma cedida per Mercè Barberillo
24. Wang, Wuncheng; Gorsuch, Joseph W.; Hughes, Jane S.: *Plants for environmental studies*. CRC Press (1997)

# **Annex**

**Del treball de recerca:  
Efectes tòxics del cadmi sobre les cèl·lules vegetals**

**Autora: Adriana Franco  
Tutora: Mercè Barberillo  
Grup-classe: 2n de batxillerat B  
Centre: IES Secretari Coloma  
Curs: 2010-2011**

## Índex:

1. Excels amb els càlculs de la llargada de les arrels i dels comptatges.....pàg 1
2. Imatges amb el Motic.....pàg 8
3. Fotografies del laboratori.....pàg 51
4. Correu.....pàg 58

## 1. Taules amb la llargada d'arrels i dels comptatges

Taula 1. Mesures en cm de les arrels de les llavors en aigua destil·lada i la mitjana dels valors per cada columna.

Concentració de Cd	Control (0)	50 mg/L	100 mg/L	150 mg/L	200 mg/L	250 mg/L	300 mg/L	500 mg/L	1000 mg/L
	0	0	0,15	0	0	0	0	0	0
	0	0	0,7	0	0	0	0	0	0,8
	1,8	0	0,8	0,7	1,1	0,15	0,3	0	0,5
	2	0,8	1,4	0,5	1	0,35	0,15	0	0,35
	1,7	1,4	0,8	1,2	0,6	1,3	0,9	0,7	0,4
	1,8	1,5	1,4	0,3	0,5	0,6	0,9	0,4	0,4
	2,2	1,4	1	0,6	0,7	0,6	0,4	0,9	0,9
	1,4	0,5	0,35	1,3	0,2	0,4	0,8	0,5	0,3
	1,3	1,1	1,1	0,6	0,4	0,5	0,5	0,2	0,9
	1,5	0,4	1	1,1	1,1	0,9	0,7	0	0,4
	0,6	1	0,6	0,9	0,5	0,4	0,4	0,9	0,5
	1,7	0,35	1,1	0,8	1	0,7	0,6	1	0,7
	1,3	1,3	1,2	0,8	0,6	1,4	0,5	0,4	0,4
	1,6	0,6	1,3	0,5	0,9	0,9	0,4	0,5	0,5
	1,9	0,7	1	0	0	0	0	0	0,3
<b>Mitjanes:</b>	1,39	0,74	0,93	0,72	0,66	0,63	0,50	0,55	0,49

Taula 2. Mesures en cm de les arrels dels bulbs en aigua mineral i la mitjana dels valors per cada bulb i total per cada concentració.

Concentració de Cd	Control (0)	5 mg/L	10 mg/L	50 mg/L	100 mg/L
	2,4	1,8	1,1	0,3	0,6
	2,8	1,9	1	0,2	0,5
	2,4	2,3	1,3	0,2	0,6
	1,7	1,8	1	0,2	0,6
	2,4	1,7	1,2	0,2	0,5
<b>Mitjana bulb 1</b>	2,34	1,9	1,12	0,22	0,56
	6	2	0,9	0,9	0,4
	5,2	1,8	1,1	0,7	0,3
	5,9	1,5	1,1	0,8	0,3
	5,8	1,8	0,7	0,8	0,3
	5,8	1,6	0,9	0,8	0,4
<b>Mitjana bulb 2</b>	5,74	1,74	0,94	0,8	0,34
	4,6	2,5	1	1,1	0,9
	5,5	2,5	1	1	0,3
	4,7	2,3	0,9	1	0,2
	4,9	1,9	0,8	0,9	0,3
	4,4	2,3	0,7	1	0,2
<b>Mitjana bulb 3</b>	4,82	2,3	0,88	1,0	0,38
<b>Mitjanes totals:</b>	4,30	1,98	0,98	0,67	0,43

Taula 3. Mesures en cm de les arrels de llavors en aigua mineral i la mitjana dels valors per cada concentració.

<b>Concentració de Cd</b>	<b>Control (0)</b>	<b>2 mg/L</b>	<b>5 mg/L</b>	<b>10 mg/L</b>	<b>50 mg/L</b>	<b>100 mg/L</b>	<b>250 mg/L</b>	<b>500 mg/L</b>
	1,7	0	0	0	0	0	0	0
	2,5	0	0,4	0	0	0,2	0	0,5
	1,1	0	2,7	0	3,3	2,3	0	1,2
	1,3	0	1,5	0,1	2	1,6	0	0,3
	1,2	0,9	1,8	0,2	2,3	2,1	0	0,3
	0,1	2,6	2,1	0,4	2,4	0,5	0,4	0,4
	0,4	2,3	1,3	1,6	0,6	2	1	0,4
	0,7	2,8	2,3	2	1,8	2	0,6	0,5
	2,7	2,4	0,9	2,6	2,7	2,1	0,5	0,9
	0,9	1,9	2,4	0,8	2,4	2,6	0,9	0,8
	1,2	1,7	2,1	3	2,5	1,4	0,4	1
	2,1	3,2	2,2	2,2	0,9	1,1	1,2	0,4
	2,4	1,7	1,4	1,7	2,3	1,6	1,2	1,1
	2,5	2,8	2,5	1,8	2,5	1,4	0,6	0,4
	2,3	2,3	1,2	1,8	2,4	1	0,4	0,5
<b>mitjana</b>	1,54	1,64	1,65	1,21	1,87	1,46	0,48	0,58

Taula 4. Comptatge de fases mitòtiques i anomalies en preparacions de mostres d'arrels de bulbs amb diferents concentracions Cd

Fases	Anomalies	Fases	Anomalies
<b>Control 3 a)</b>		<b>5 mg/L a)</b>	
81 Int/ 5 ana/1 meta/ 4pro *		84 int/2pro/1ana	1Pont / 2MN
83 Int/ 1ana/1met		98int/2pro/1met/1ana	1Pont /deleccio
123 Int/ 2ana/2pro		101/1pro/1tel	1deleccio
144 Int/ 1ana/3pro			1 pont cromos. + deleccio
112		65int/1tel/1pro	
Int/1ana/1met/1pro		66int/1pro	1 nucli lobulat
99int/2ana/2met/1tel		106int	2 MN
108 int/2ana/2met		68int	1MN
122int/ 4pro/ 1met/ 1ana/ 1telo			
94int/ 3tel/ 2pro		122int	
<b>Control 3 b)</b>		73int/2ana/1bimet	
61 in/ 1met/ 1pro		74int/1met/1pro/1tel/1b imet	bimetafase, deleccio
124int/ 2ana/2tel/1pro			nucli sense separar en cito?
133int/4tel/1ana/2pro/2 met		11- 104int/1met/ 99int/3pro/1met	2MN
109int/1pro/2met/1tel		48int/ 1met	
108int/3pro/1tel		<b>5 mg/L b)</b>	
60int/ 4pro/1tel		149int	2MN/1AN
121int/2pro/2tel		93int/ 1met/1promet/1ana	pont cromosomic
85int/3pro		97int/1met/1pro	1MN
109int/3pro/1met			1MN/adherencia cromosomes
108int/2pro/1ana		84int/1met/1pro	1MN/1deleccio
		152int/1pro/1ana	1MN
		125int/2pro	1MN/1AN
		137int/1pro	1MN
		118int/1pro	
		76int/2pro/1ana	
<b>50 mg/L a)</b>		<b>100 mg/L a)</b>	
179int		1-140int	4MN/2AN
149 int	5MN/1AN	6-	
327 int	14MN/1AN	134int/1met/1ana/1tel	1MN/1bimetafase
196int	3MN/1AN	2-177int	1AN/6MN
	8MN/1pont	13-153int	3MN
153int/1tel	cromosomic/1AN		
<b>50 mg/L b)</b>		10-132int/1tel/2met	1AN/1pont/2MN
158int	8MN	11-199int/ 4-99int	3MN/2AN
154int	5MN/1AN		2MN
143int/1met	1adherencia /2MN	<b>100 mg/L b)</b>	
189int	3MN	13-176int	4MN/1AN
139int/1pro	2MN/3AN	10-130int	7MN/1AN
153int	4MN/1AN	4-254int	2MN/2AN
110int	3MN	3-185int	3MN
		7-131int	4MN
		9-126int	3MN

Taula 5. Resultats del comptatge per als índexs mitòtics en arrels de bulbs amb diferents concentracions de Cd.

<b>Preparació</b>	<b>Interfase</b>	<b>Profase</b>	<b>Metafase</b>	<b>Anafase</b>	<b>Telofase</b>	<b>Cèl. en mitosi</b>	<b>Índex mitòtic (%)</b>
<b>Control a)</b>	966	16	9	10	5	40	3,98
<b>Control b)</b>	1018	22	6	4	11	43	4,05
<b>5 mg/L a)</b>	986	11	7	4	3	26	2,6
<b>5 mg/L b)</b>	955	8	3	2	0	13	1,34
<b>50 mg/L a)</b>	1004	0	0	0	1	1	0,1
<b>50 mg/L b)</b>	1046	1	1	0	0	2	0,19
<b>100 mg/L a)</b>	1034	0	3	1	2	6	0,57
<b>100 mg/L b)</b>	1002	0	0	0	0	0	0

<b>Índex mitòtic mitjà</b>	
<b>controls</b>	<b>4,01</b>
<b>5 mg/L</b>	<b>1,97</b>
<b>50 mg/L</b>	<b>0,14</b>
<b>100 mg/L</b>	<b>0,28</b>

Taula 6. Resultats del comptatge per als índexs mitòtics en arrels de llavors amb aigua destil·lada i cadmi a diferents concentracions.

Fases	Anomalies	Fases	Anomalies
<b>control a)</b>		<b>50 mg/L a)</b>	
141int/2pro/2met/2ana		212int/1met/1ana/1promet	
183int/1met/1pro/3tel/1ana		168int/2tel/1pro/1met	1AN/1MN 1AN/1MN/1pont
171int/3met/1pro/4tel		161int/1ana/1met/1promet	crom./1 cel binuclear 1pont/1adherencia/3MN
96int/4pro/1ana		159int/1ana/1met	N
124int/3ana/1met		157int/2ana/1met	1MN/2ponts/1AN 1pont/2adherencia/1MN
143int/2ana/2pro		133int/2pro/2met/2ana	N
134int/3met/1tel		<b>50 mg/L b)</b>	
<b>control b)</b>		159int/1tel	19MN/2AN 16MN/2AN/2pots/2deleccions
165int/1met/1pro/2tel		161int/2ana	2ponts/1deleccio/11MN
148int/2ana/2tel		153int/2tel	N/3AN
138int/2met/1pro/1tel		138int	22MN
180int/1pro/1met/1ana/1tel		165int/2met/1tel	12MN/2ponts
149int/2met/3ana/2tel		155int/3met/2ana/1tel	3ponts/3MN
211int/2met		161int/2met/1telo	7MN/1AN
<b>100 mg/L a)</b>		<b>100 b)</b>	
	1 delecció/2MN	112int/1met/1ana/1tel	1 delecció cromosomica/1pont
145int/3pro/3met/1ana		111int/1met/1tel/1pro	3MN/1deleccio/1AN
182int/1tel/1promet	2 MN	151int/1pro	1MN
164int	4 MN	117int	1AN
128int/1met/2ana/1pro	1 deleccio/4MN	101int/1ana/2pro	2deleccions/1AN/1MN
120int/3pro/1met/1ana	5 MN/1deleccio	139int/3pro/1ana	deleccio cromosomes
110int/2telo/1pro	1AN/2MN	143int/2pro/1ana	1deleccio/2MN
123int/2pro/1telo/1ana	6MN/1pont	77int	1MN
		76int	

Taula 7. Resultats del comptatge per als índexs mitòtics en arrels de llavors amb diferents concentracions de Cd i aigua destil·lada.

Preparació	Interfase	Profase	Metafase	Anafase	Telofase	Cèl. en mitosi	Índex mitòtic (%)
<b>Control a)</b>	992	10	10	8	8	36	3,5
<b>Control b)</b>	991	3	8	6	8	25	2,5
<b>50 mg/L a)</b>	990	5	6	7	2	20	1,98
<b>50 mg/L b)</b>	1092	0	7	4	6	17	1,5
<b>100 mg/L a)</b>	972	11	5	5	4	25	2,5
<b>100 mg/L b)</b>	1027	9	2	4	2	17	1,6

<b>Mltjanes:</b>	
<b>controls</b>	3
<b>50ppm</b>	1,74
<b>100ppm</b>	2

Taula 8. Resultats del comptatge per als índexs mitòtics en arrels de llavors amb aigua mineral i cadmi a diferents concentracions.

Fases	Anomalies	Fases	Anomalies
<b>control a)</b>		<b>control b)</b>	
16-144int/5tel/2pro/3met/5ana		2-201int/4ana/2tel/1met	
15-136int/1pro/2ana/1met		4-176int/1ana/1met	
14-120int/2tel/1ana/1pro		5-174int/4met/1telo	
13-111int/1ana/1pro/2met/1tel		7-173int/3pro/3met/2ana/1tel	
11-147int/2tel/2ana/1met		3-142int/2met/2tel/1ana	
10-163int/2ana/2met/1tel		10-131int/4ana/1met/1tel	1pont
5-150int/2ana/1promet/2met			
<b>5 mg/L a)</b>		<b>5 mg/L b)</b>	
1-107int/2met/1tel	1MN	5-259in/1met	1MN/2AN
2-91int/1ana/1promet/2met	1adhere/1AN	8-198int/2met/1tel/1pro	2MN
4-108int/1tel/1promet/1met		10-178int/1promet	1AN
5-117int/1met/1pro	2MN	11-148int/1tel/2met/1promet	
7-212int/3met/1ana	3Mn/1AN	12-163int/1pro/1tel	1AN
13-110int/1met/1ana	1pont/1MN		
12-173int/2promet/2met/1ana	2deleccio/2MN	13-134int/2met/1tel	1adherencia
15-73int/2met/1ana/1tel	1pont		
<b>50 mg/L a)</b>		<b>50 mg/L b)</b>	
1-110int/2pro	22MN/1AN	1-124int/1met	1MN/2AN
2-134int	11MN/3AN	2-161int/1ana/1promet	3MN
3-138int	12MN/2AN	3-158int/1ana/1tel/1pro	2 pont/5MN
4-113int	16MN	4-170int/2ana/2tel	5MN/1pcrom
7-119int/1pro	15MN/3AN	5-164int/2met/2ana	2 ponts/ 1dele
8-127int/	16MN/1AN	6-149int/1promet	3MN
9-213int/3ana/4tel/3met/2pro	1pontcrom/4MN/1del	7-133int/2met/1ana	1pont/1MN
12-125int/2pro/3met/2tel	1AN		
<b>Prep 100 a</b>		<b>Prep 100 b</b>	
1-121int/4met/1pro	2adh/1bimetafase	1-143int/3met	1biment/1MN
2-147int/2ana/1tel/1pro		2-122int/1ana	1pont/2MN
9-122int/1pro/1met		3-103int/1ana/1met	pont
10-123int	1MN/2AN	5-172int/1met	
15-129int/1met/1pro/1ana	1MN/1delec	6-167int	
4-115int/2met	1bimet/1MN	14-131int/1me	2MN
8-124int/2ana/1met	1MN/2delec	12-103int/2ana	1pont/1MN
11.126int/1ana/	1delec/3MN	7-118int	5MN
<b>250-a</b>		<b>250-b</b>	
1-136int	3MN	1-73int/	6MN
2-162int	5MN	2-201int	3AN/2MN
6-149int	1MN/1AN	3-110	3MN
3-176int	2MN/1AN	11-107int/	5MN
4-179int	1MN	8-94int	5MN
5-139int		7-84int	6MN
14-125int	5MN	4-72int	2MN
		5-87int	4MN
		6-74int	3MN/2AN
			1MN/5nuclis
		10-70int/2pro	trencats
		9-50int	4MN

Taula 9. Resultats del comptatge per als índexs mitòtics en arrels de llavorss amb diferents concentracions de Cd i aigua mineral.

<b>Preparació</b>	<b>Interfase</b>	<b>Profase</b>	<b>Metafase</b>	<b>Anafase</b>	<b>Telofase</b>	<b>Cèl. en mitosi</b>	<b>Índex mitòtic (%)</b>
<b>Control a)</b>	971	6	11	15	11	43	4,24
<b>Control b)</b>	997	3	12	12	5	32	3,1
<b>5 mg/L a)</b>	991	5	14	5	3	27	2,65
<b>5 mg/L b)</b>	946	4	5	0	3	12	1,25
<b>50 mg/L a)</b>	1079	7	6	3	2	18	1,64
<b>50 mg/L b)</b>	1059	3	5	7	3	18	1,67
<b>100 mg/L a)</b>	1017	4	9	6	1	20	1,9
<b>100 mg/L b)</b>	1059	0	6	4	0	10	0,94
<b>250 mg/L a)</b>	1066	0	0	0	1	1	0,09
<b>250 mg/L b)</b>	1022	2	0	0	0	2	0,19

<b>Mitjanes:</b>	
<b>controls</b>	3,6
<b>5 mg/L</b>	1,95
<b>50 mg/L</b>	1,66
<b>100 mg/L</b>	1,42
<b>250 mg/L</b>	0,14

\* Int= interfase/ Pro=profase/ Met= metafase/ Ana= anafase/ Tel= telofase

## 2.Imatges amb el Motic

### Arrels de llavor amb aigua destil·lada i Cd

Control

Preparació a

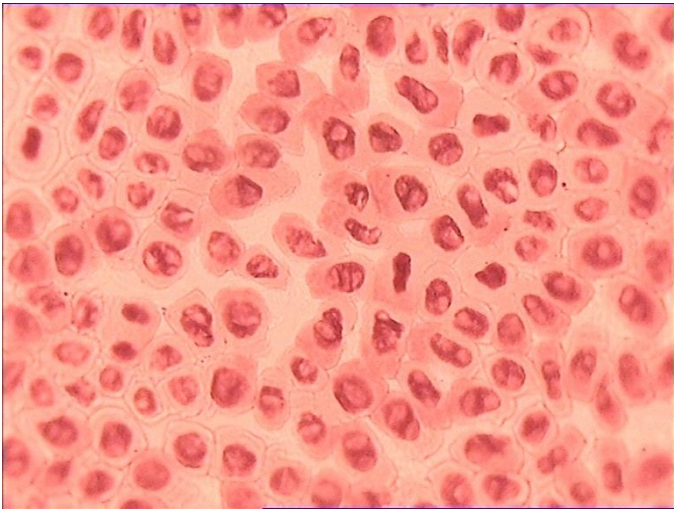
1



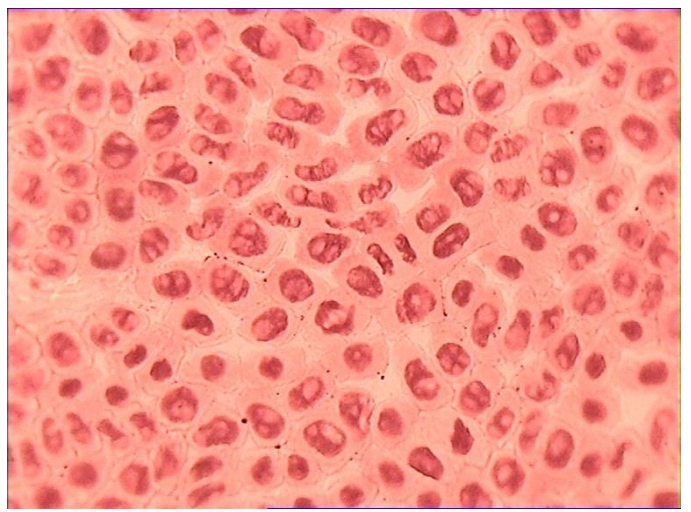
2



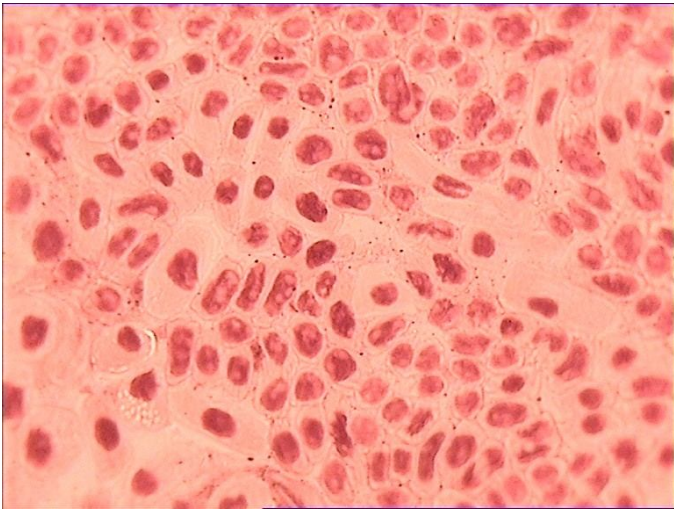
3



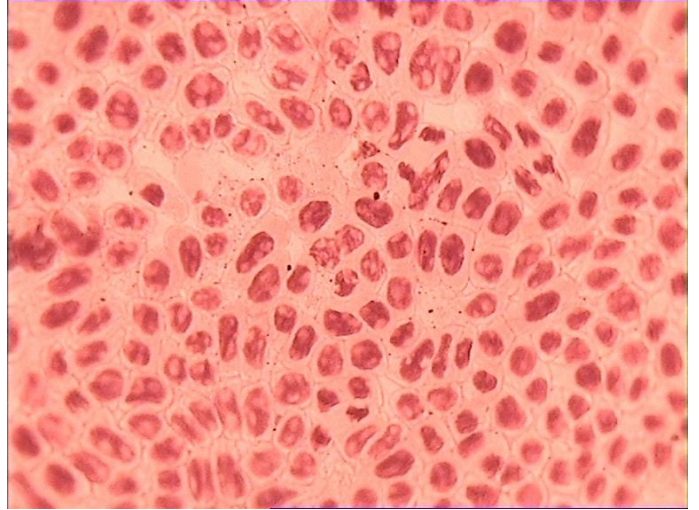
4



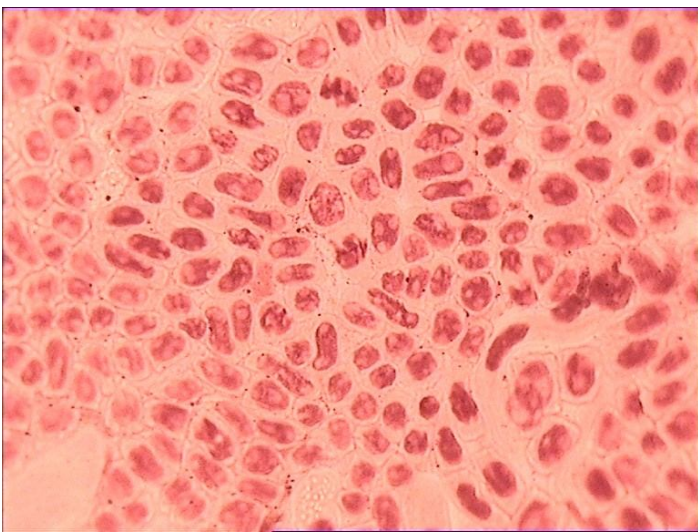
4



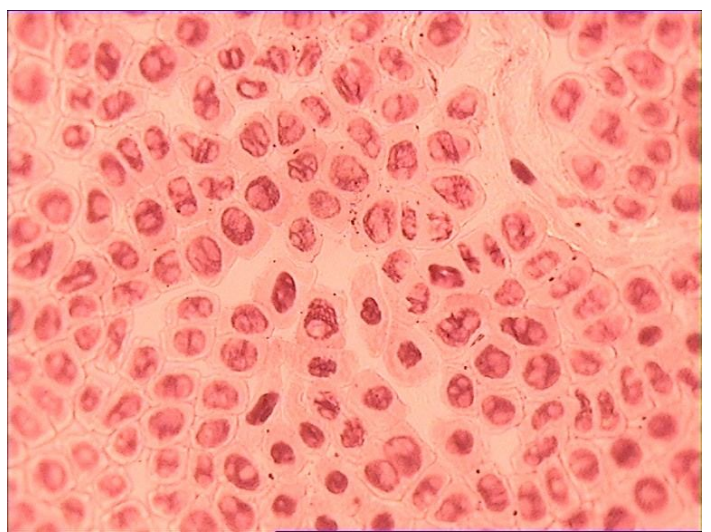
5



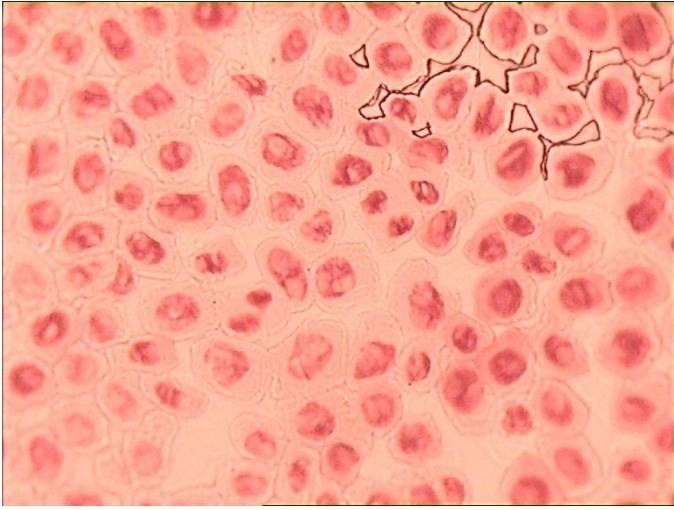
6



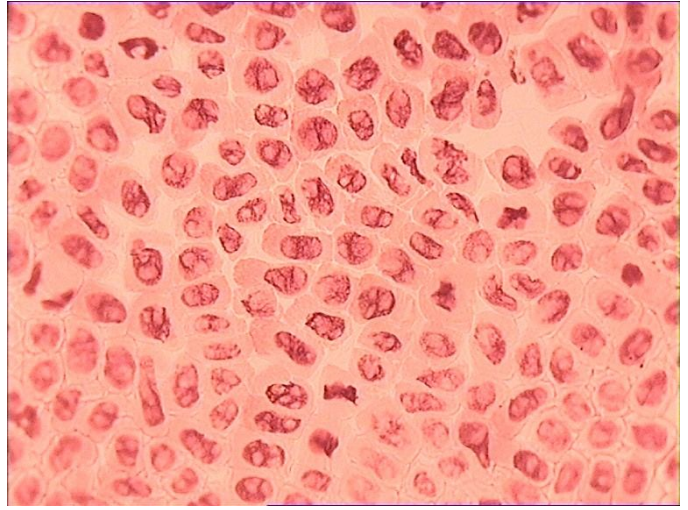
7



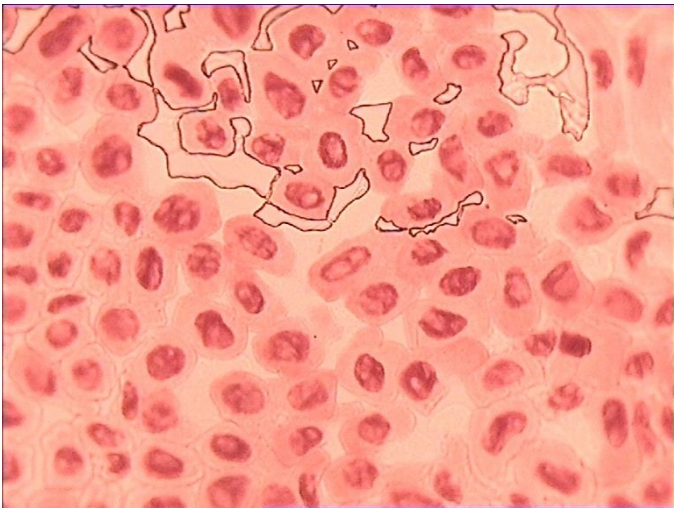
8



9



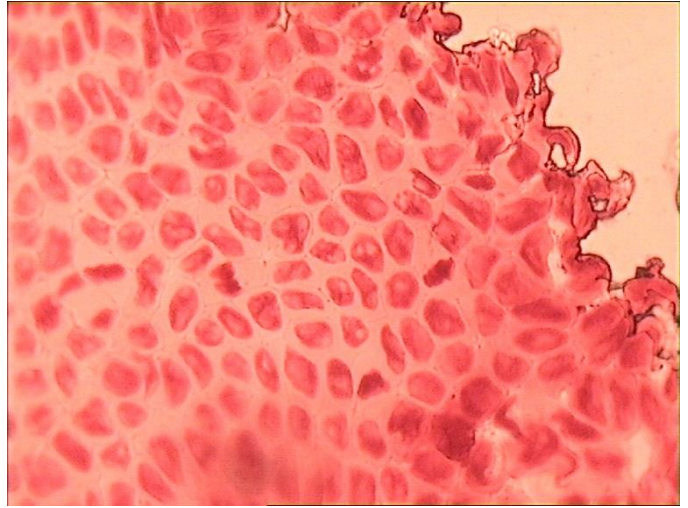
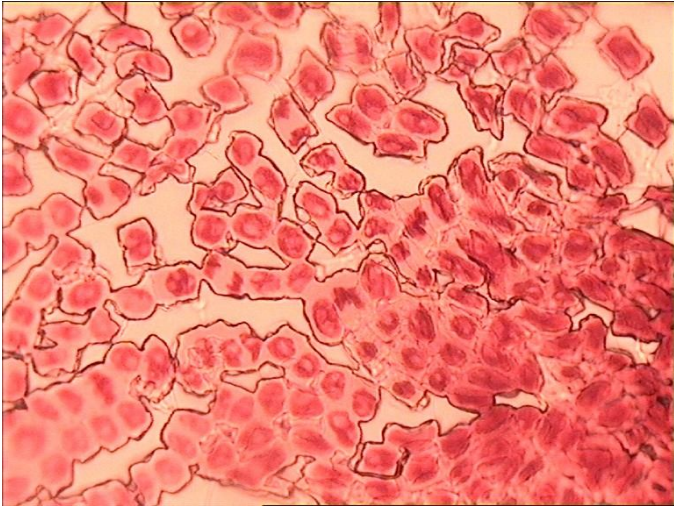
10



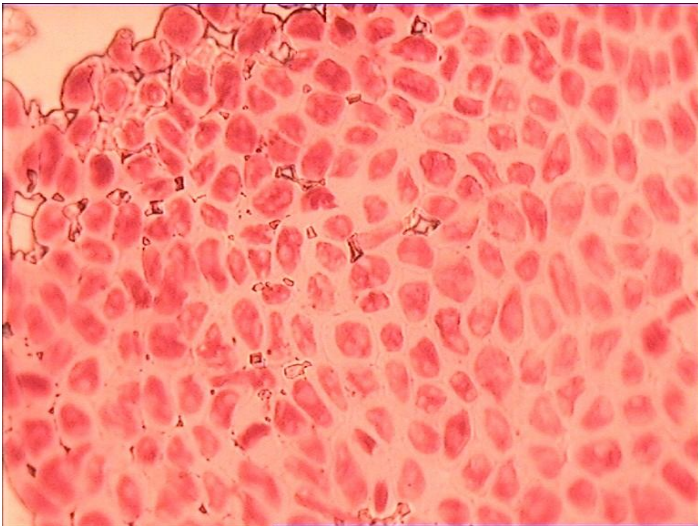
Preparació b

1

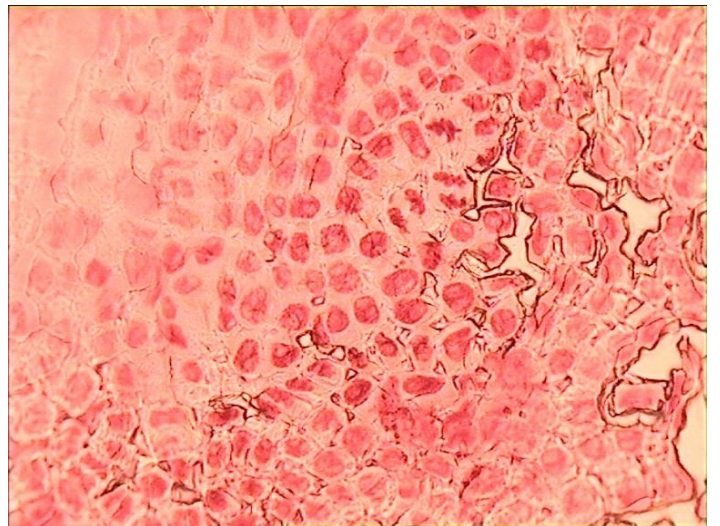
2



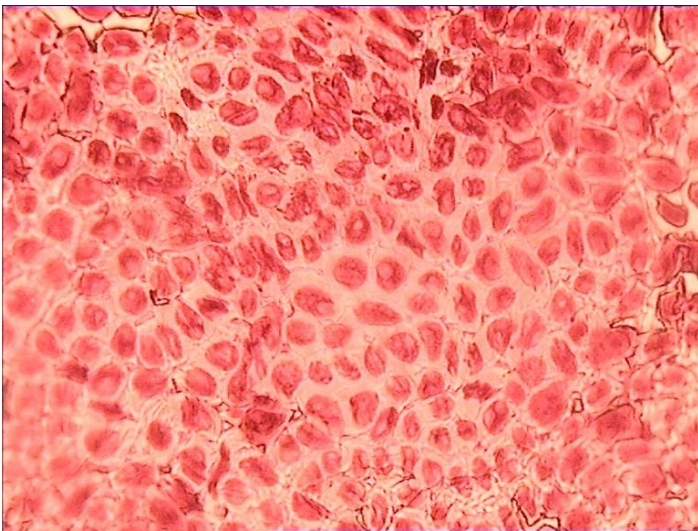
3



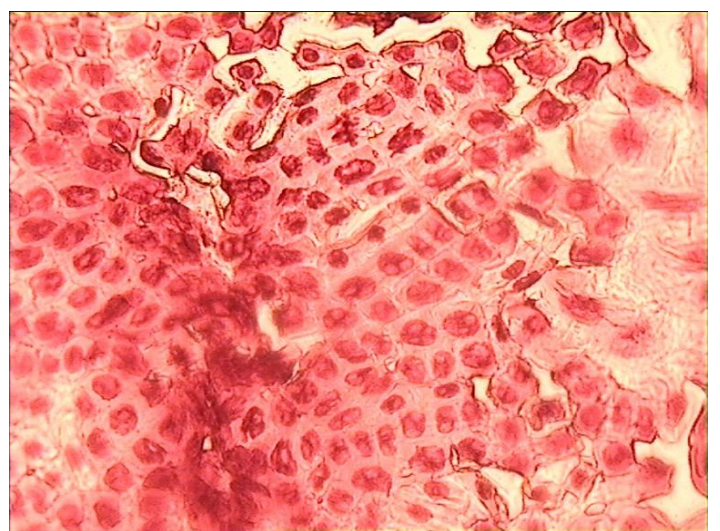
4



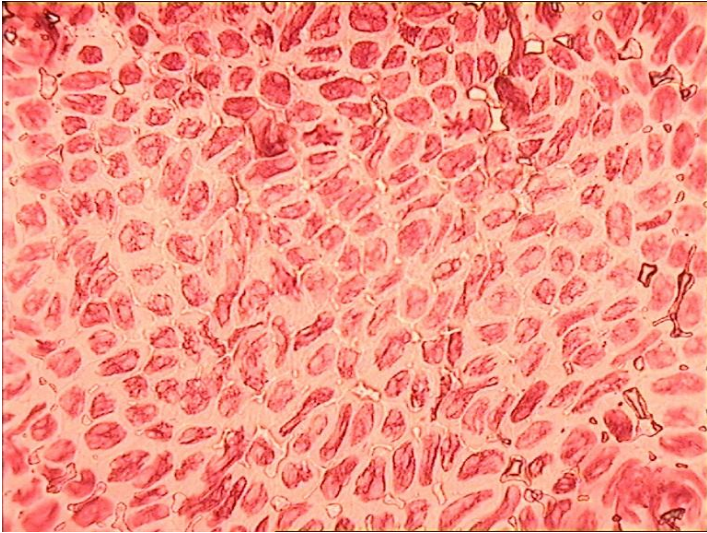
5



6



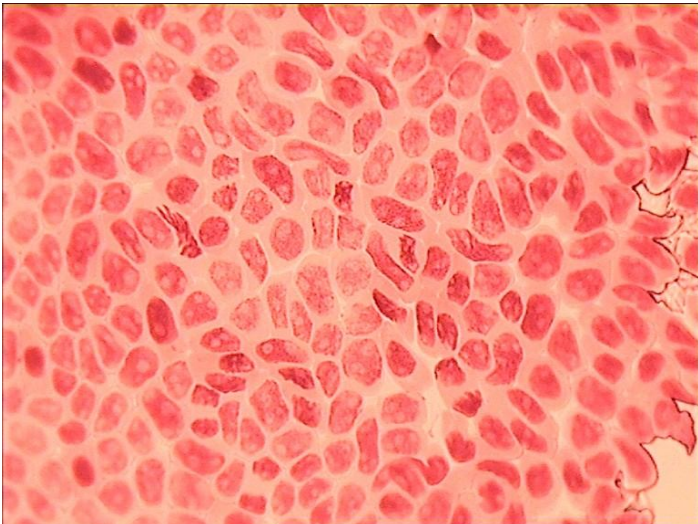
7



**50 mg/L de Cd**  
Preparació a  
1



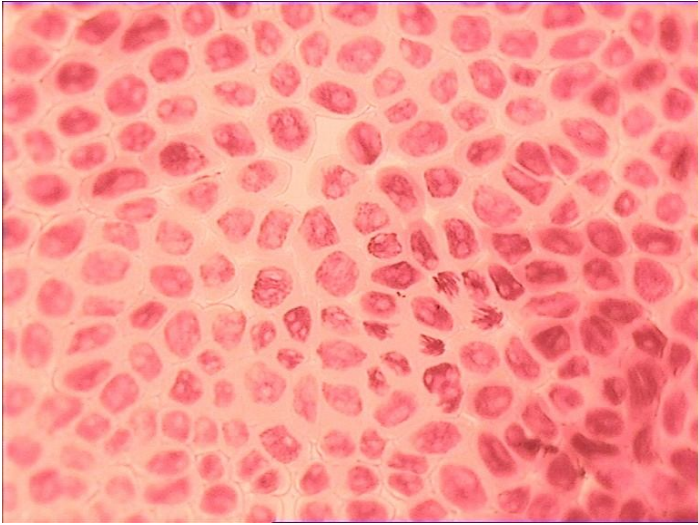
2



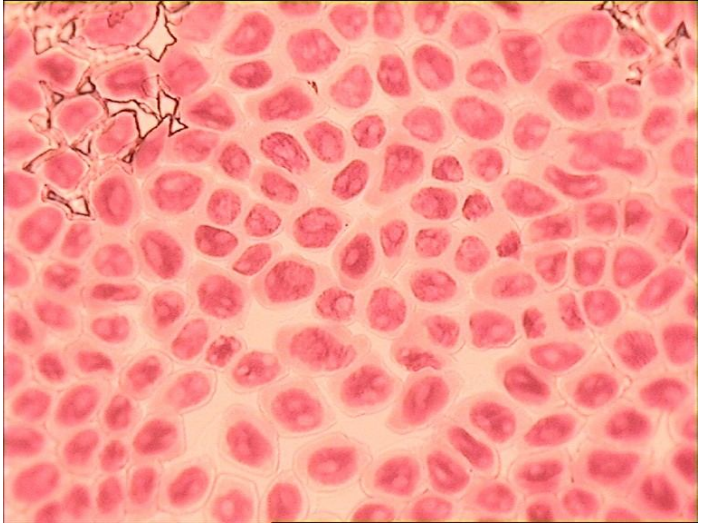
3



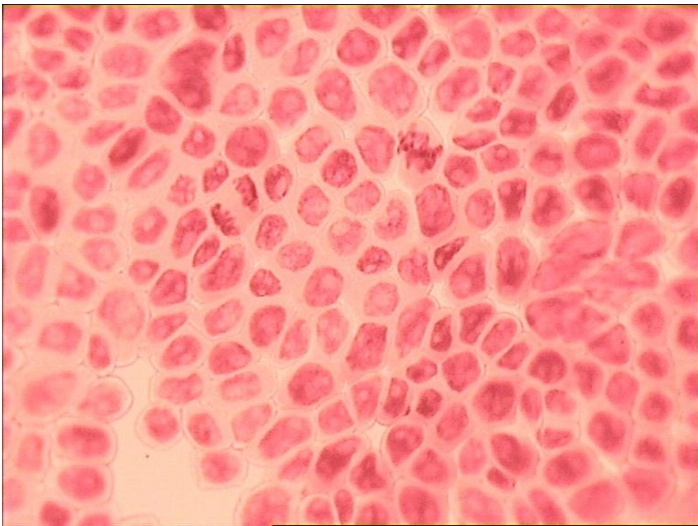
4



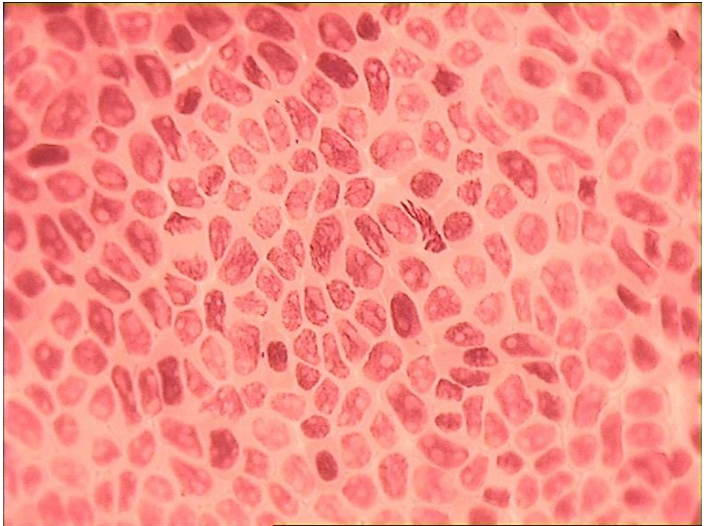
5



5



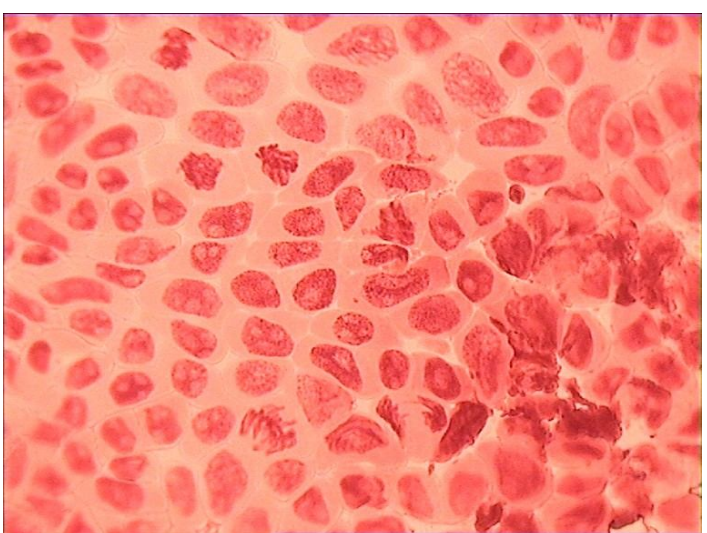
6



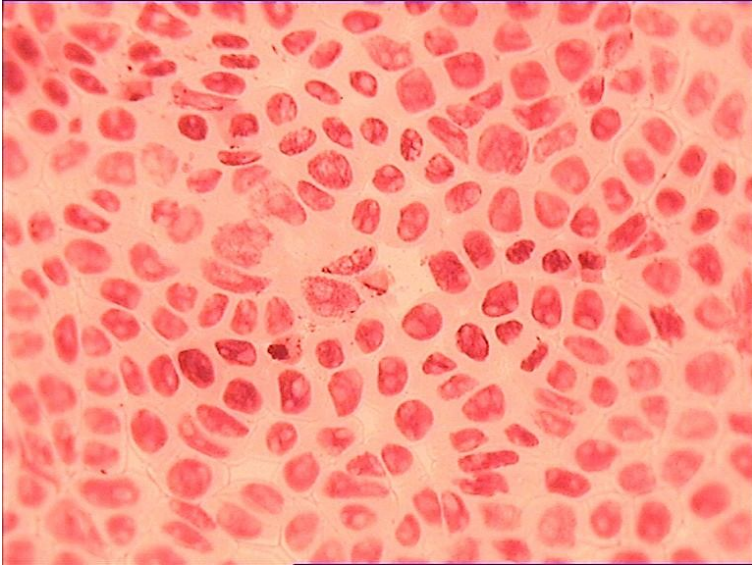
7



8

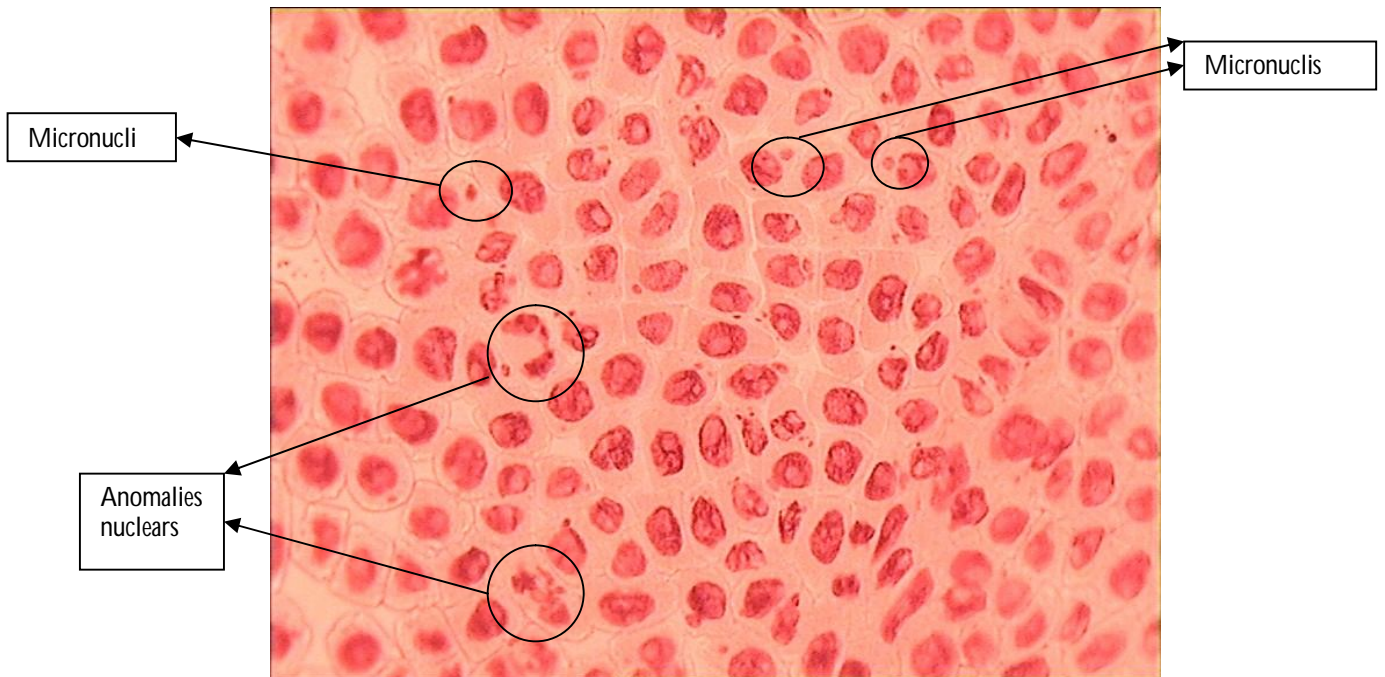


9



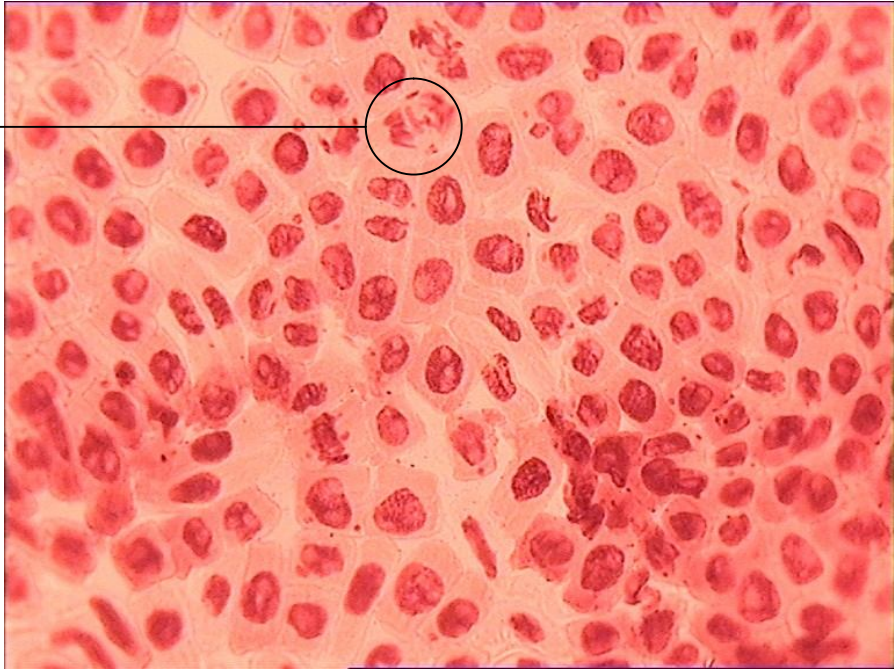
Preparació b

1

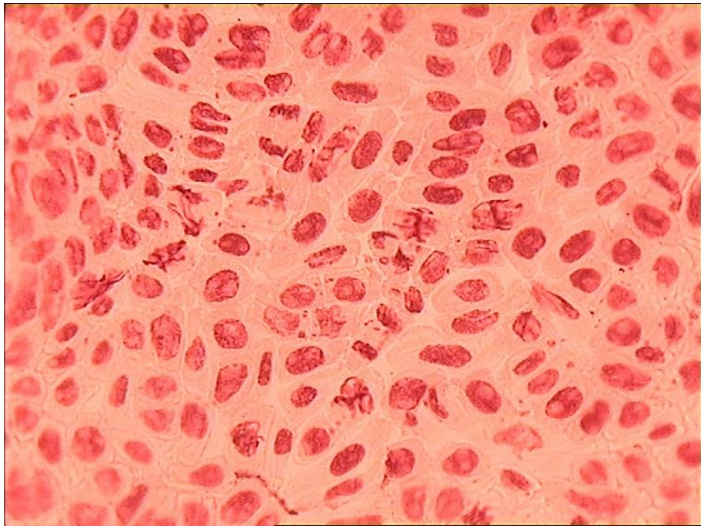


2

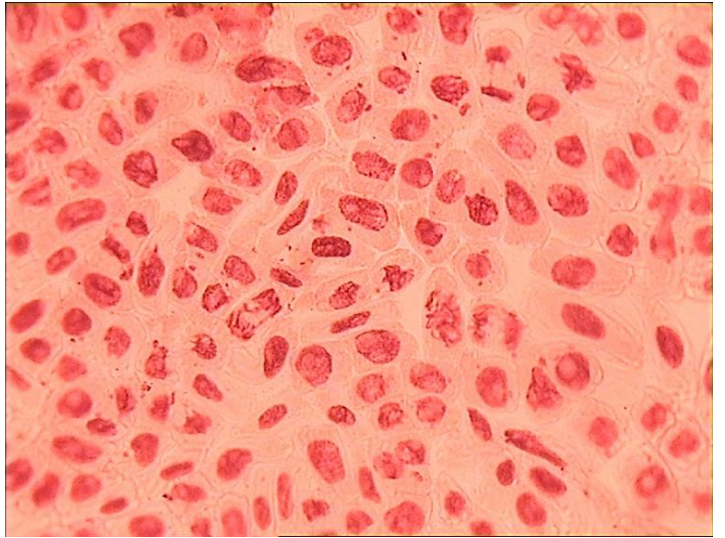
Nucli amb ponts, adherències i deleccions



3

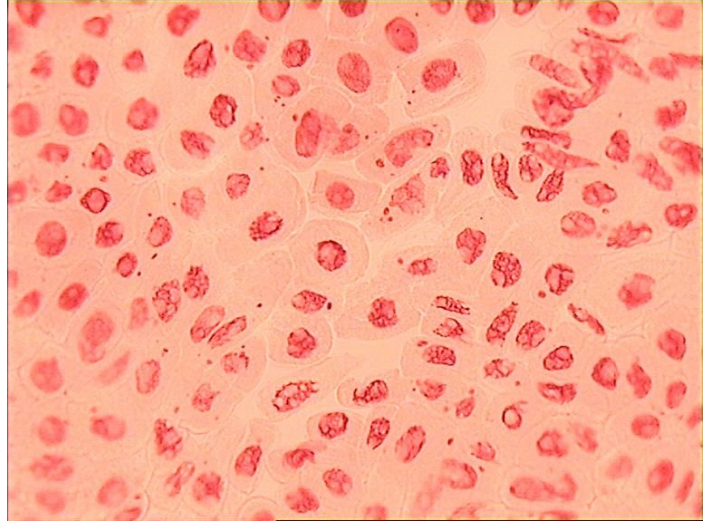
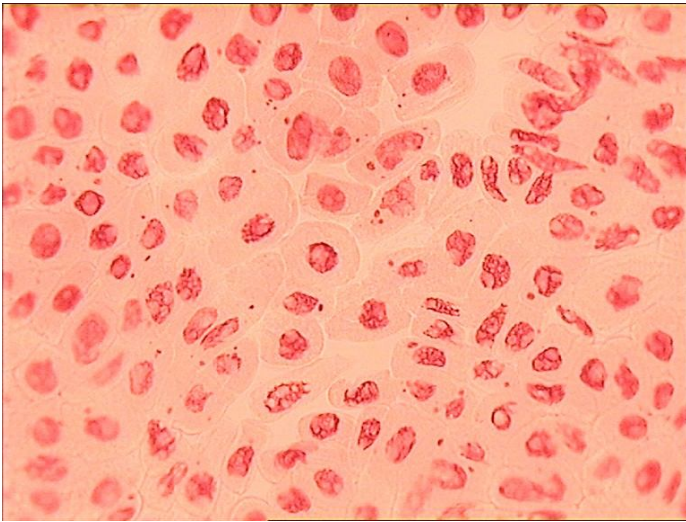


4



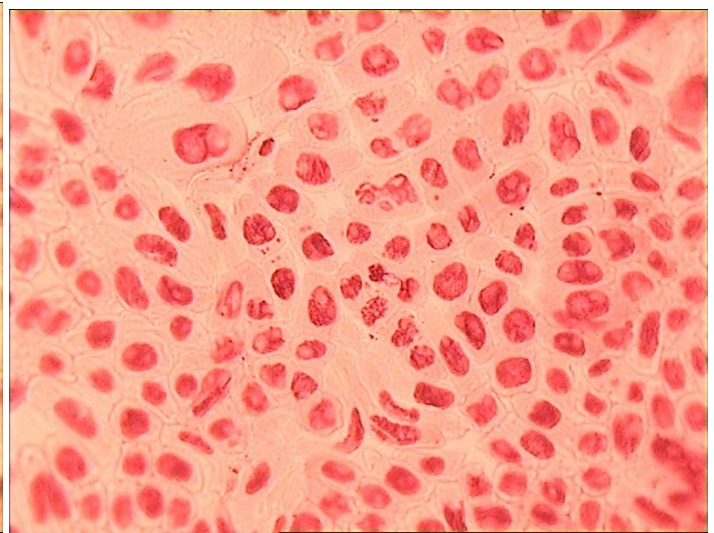
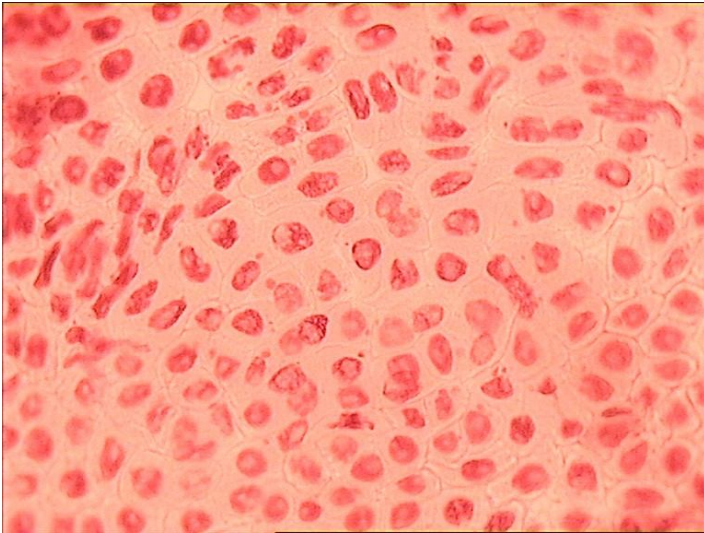
5

6



7

8

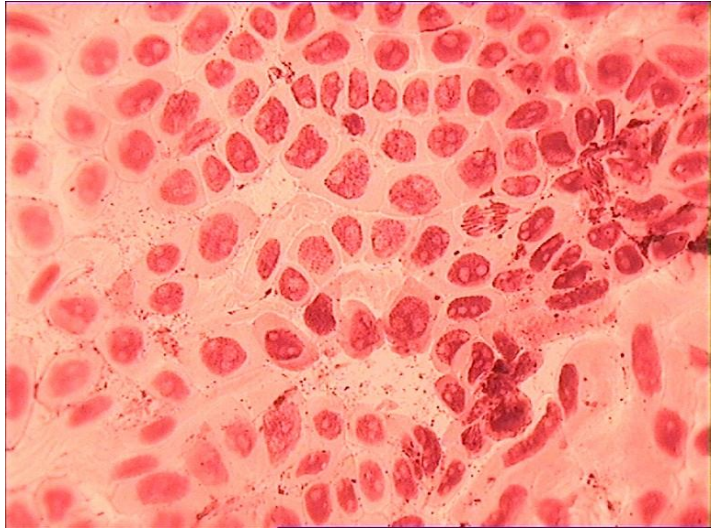
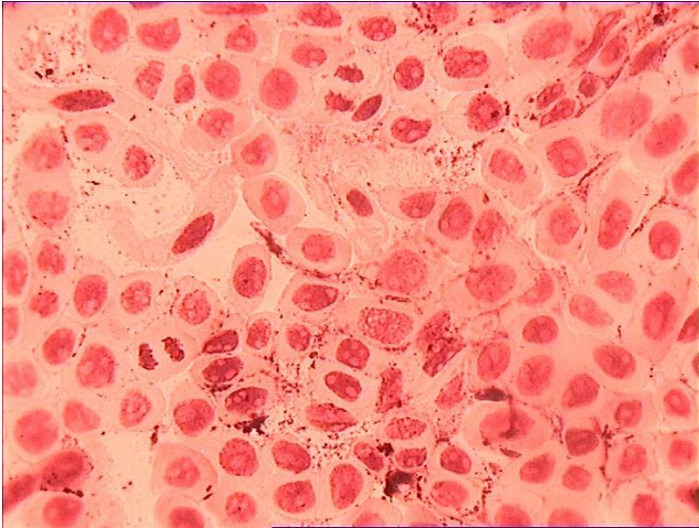


**100 mg/L de Cd**

Preparació a

1

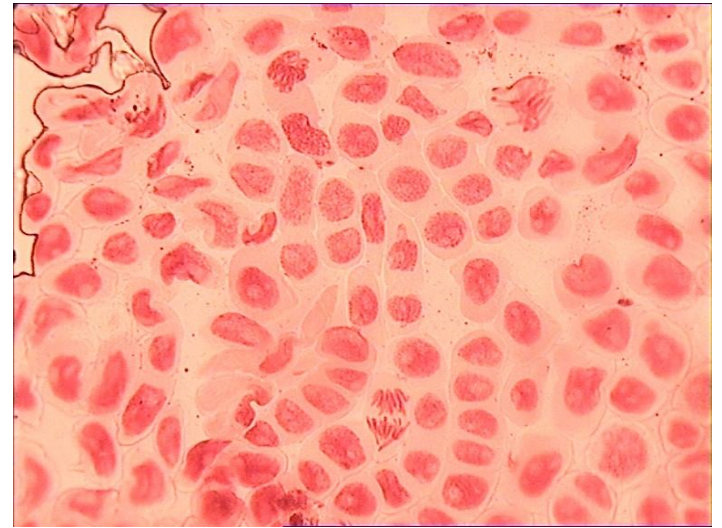
2



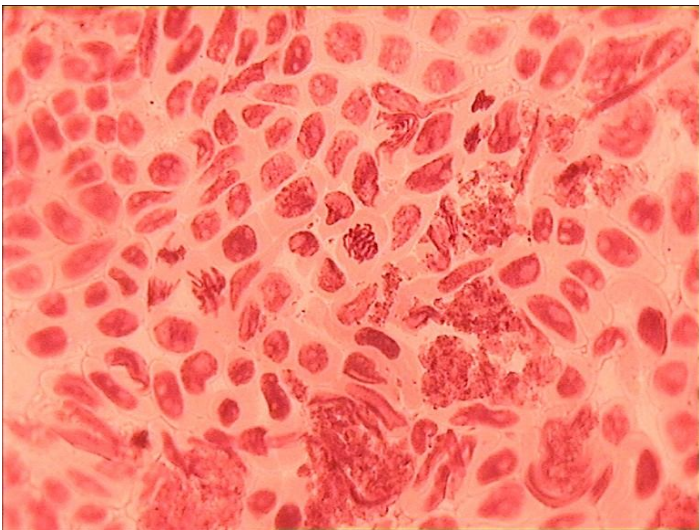
3



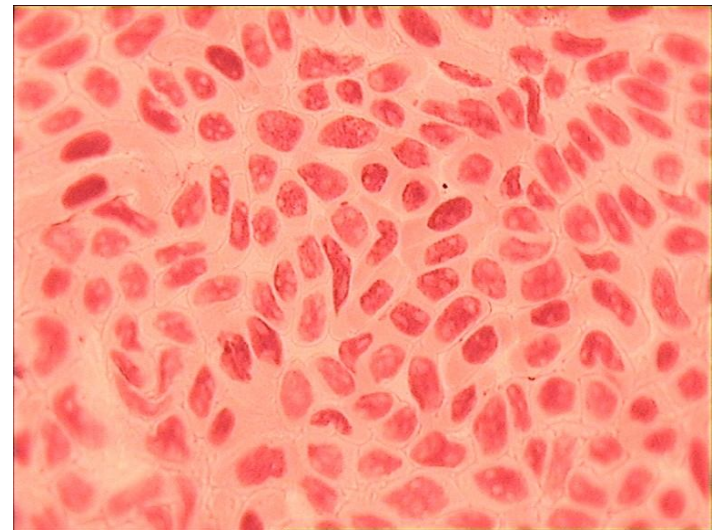
4



5

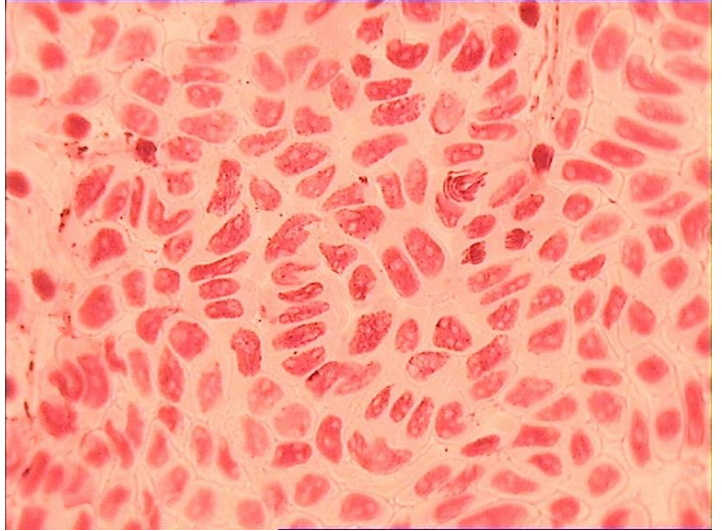
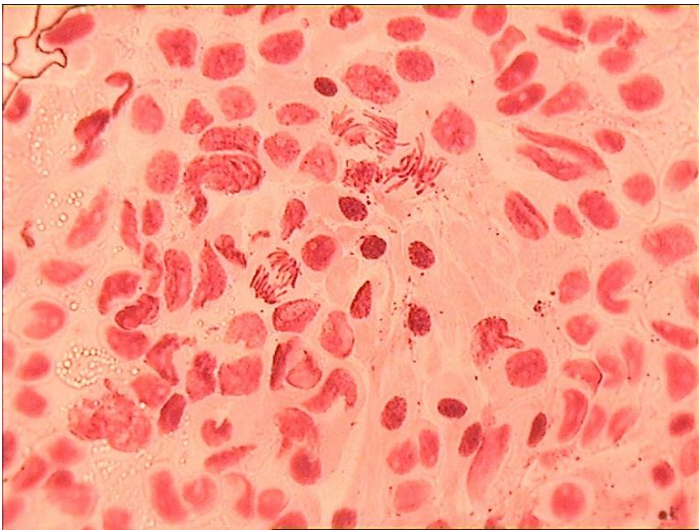


6



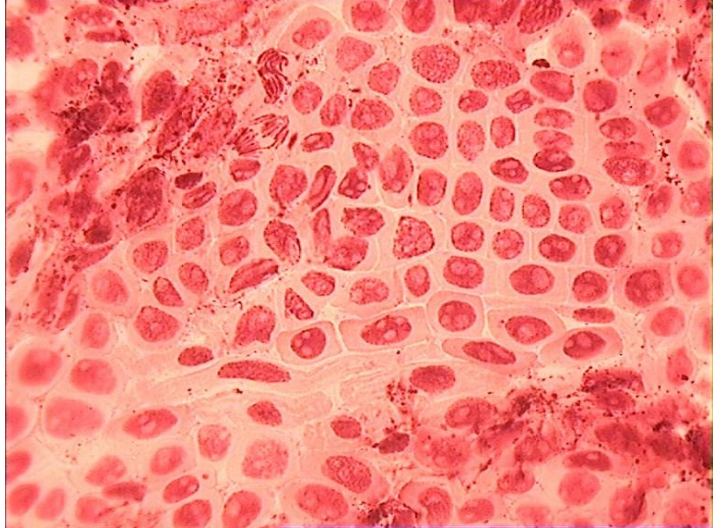
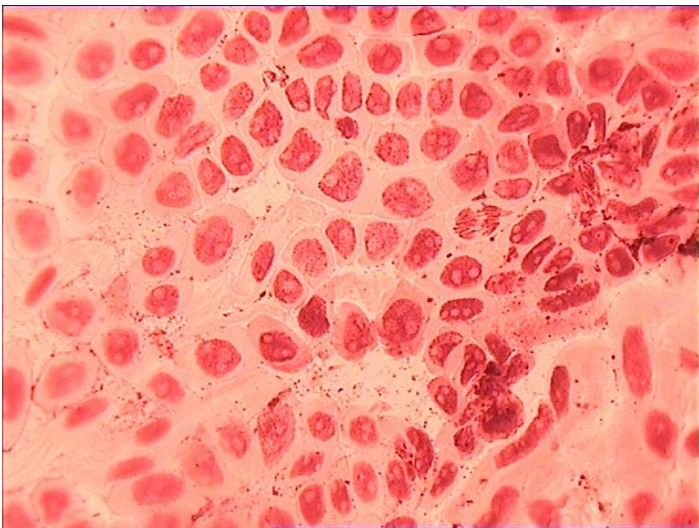
7

8



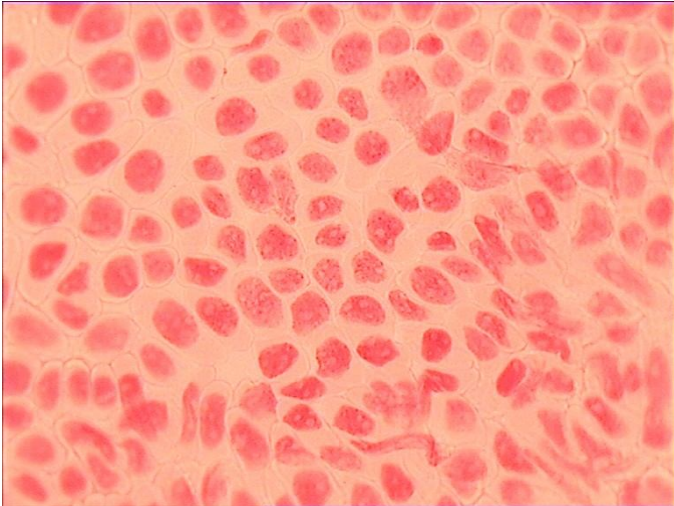
9

10

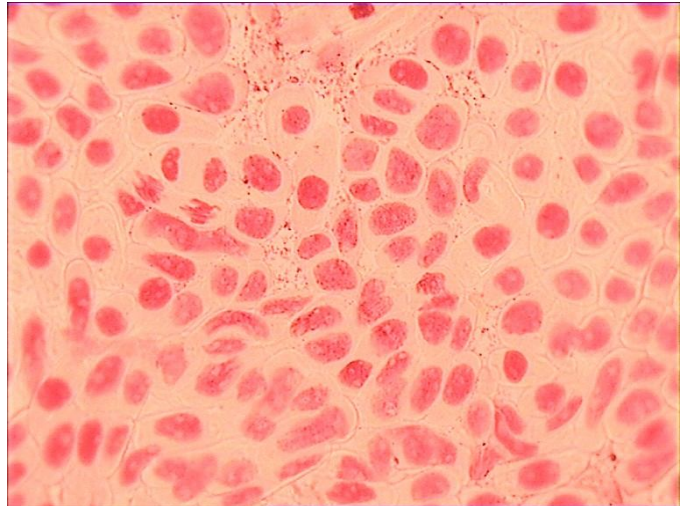


Preparació b

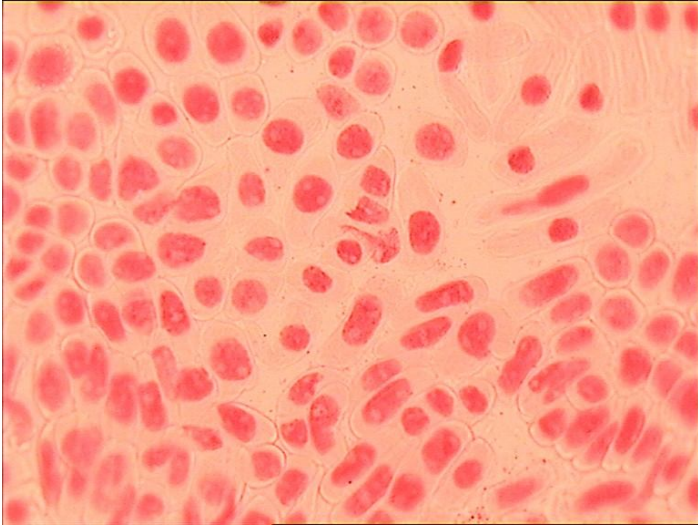
1



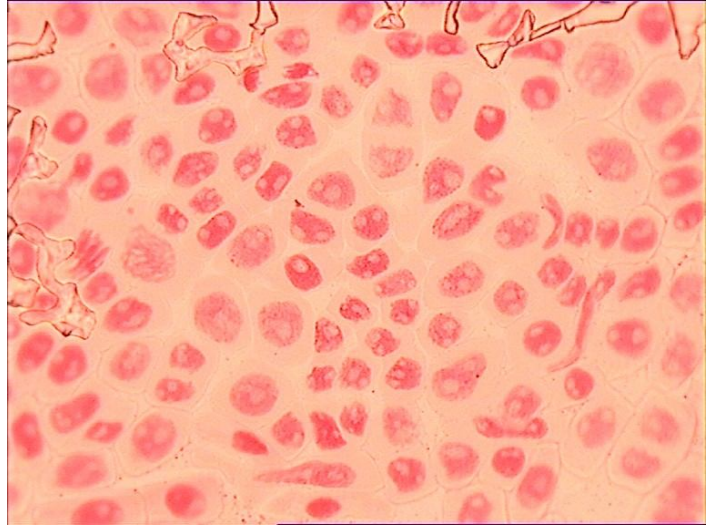
2



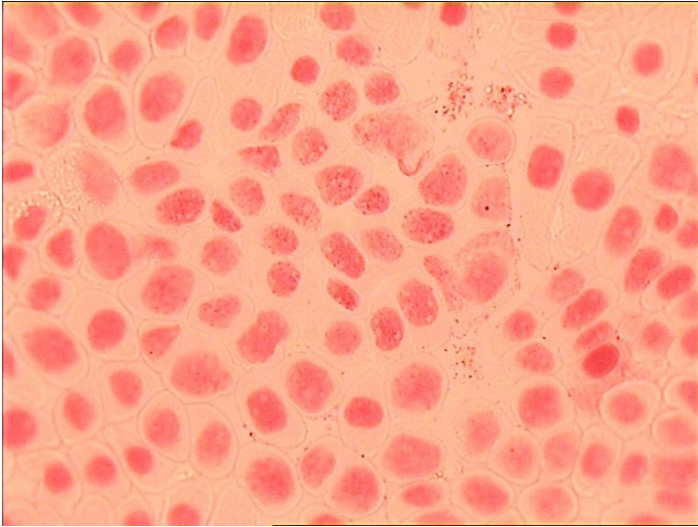
3



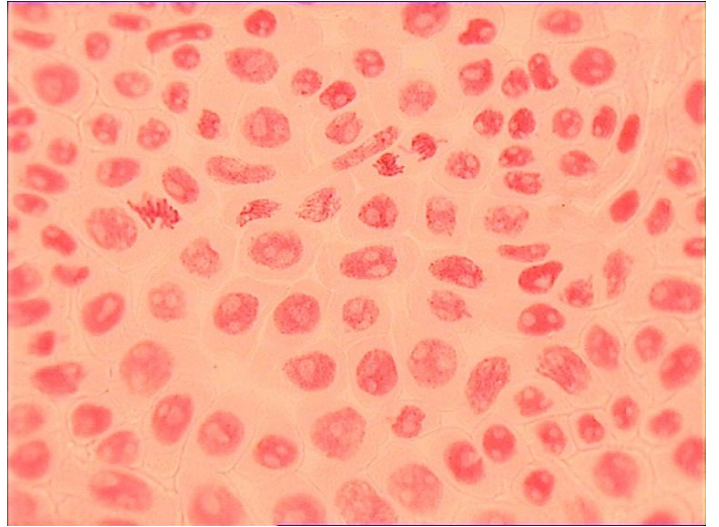
4



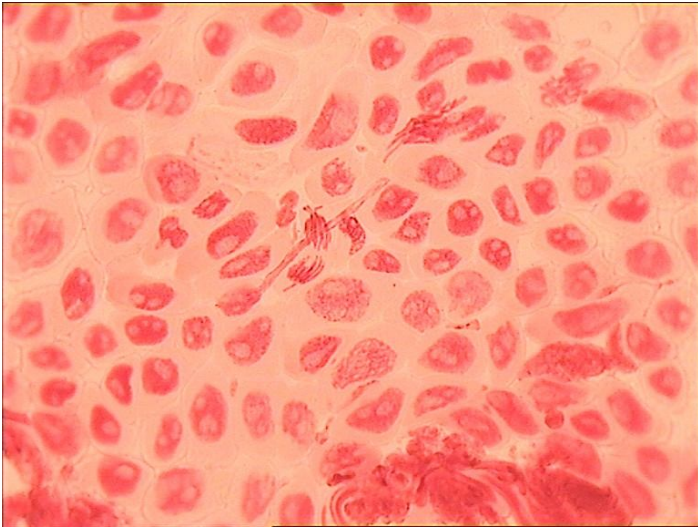
5



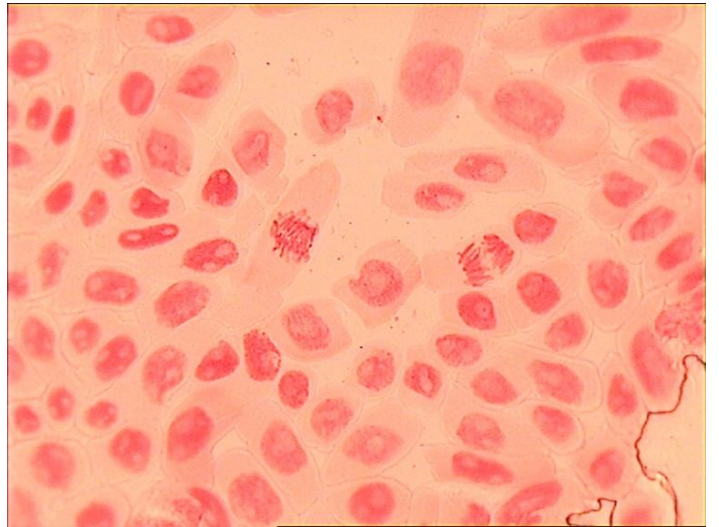
6



7



8



Arrels de bulbs amb aigua mineral i Cd

**Control**

Preparació a

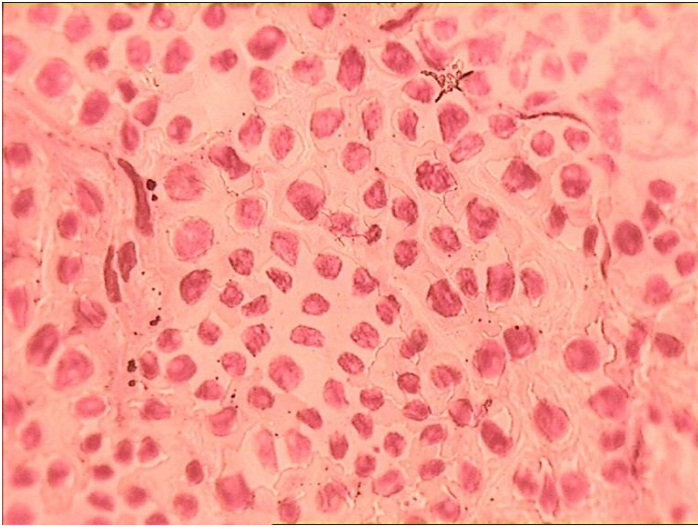
1



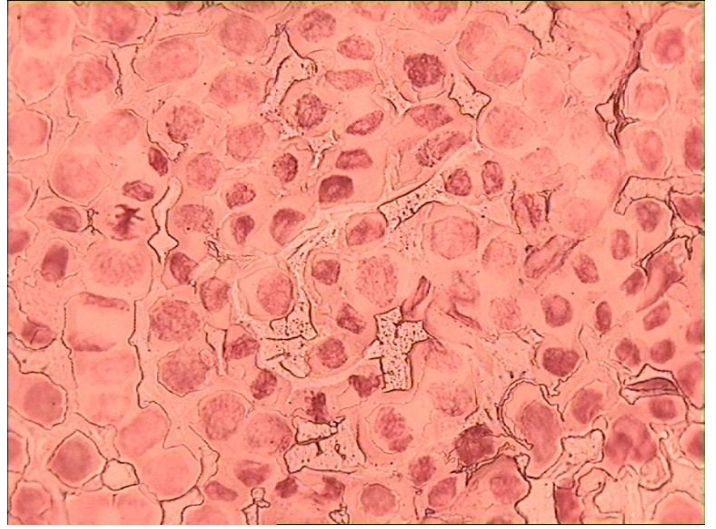
2



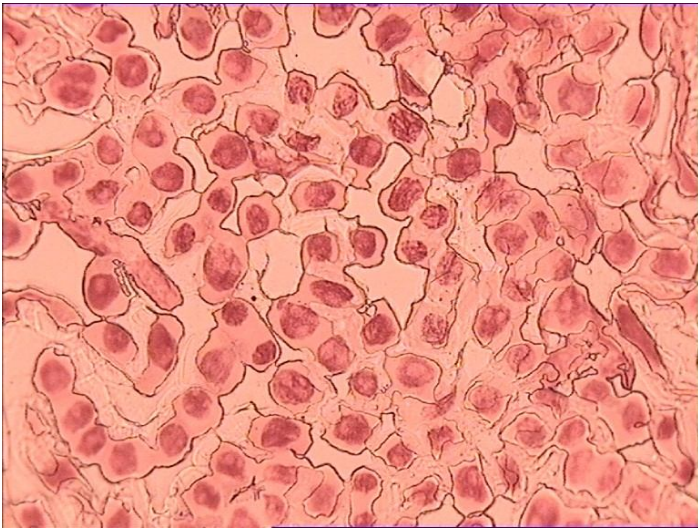
3



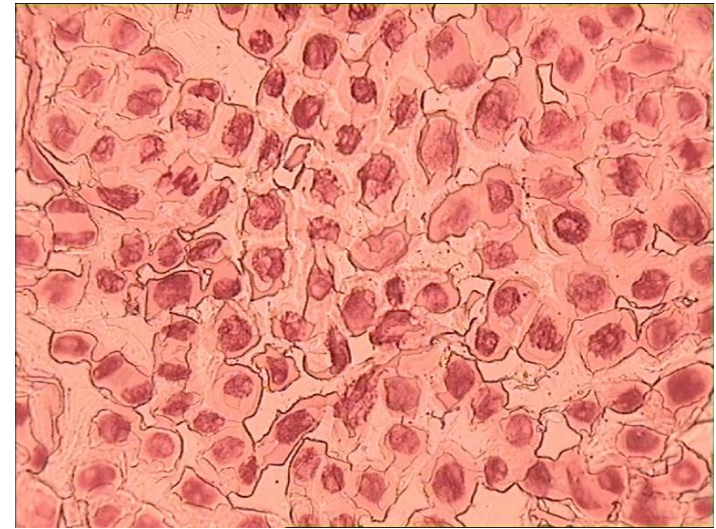
4



5

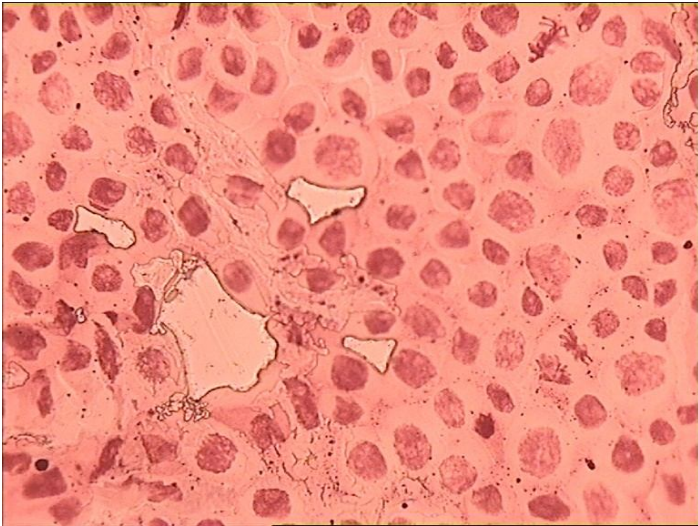


6



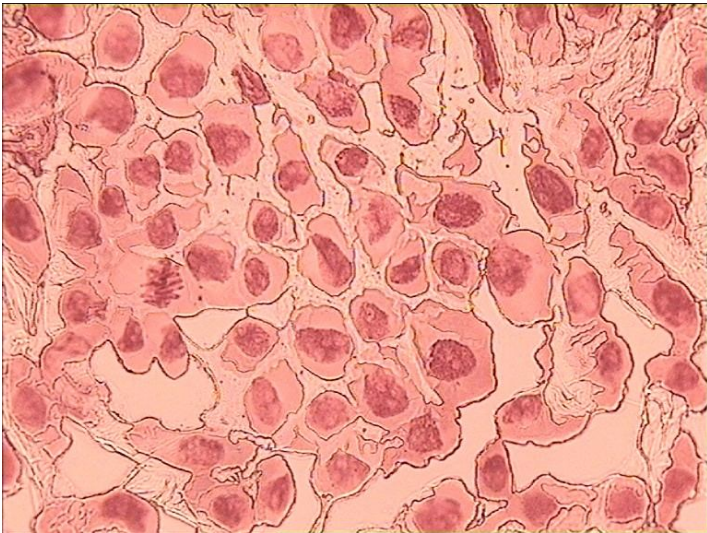
7

8

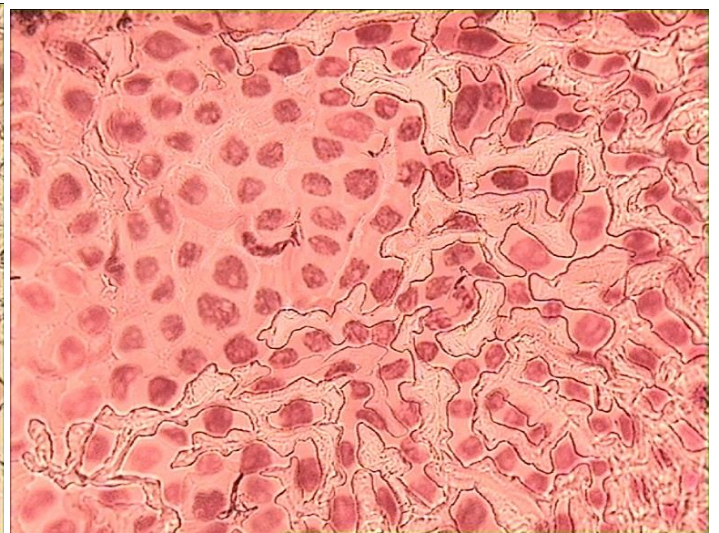


Preparació b

1

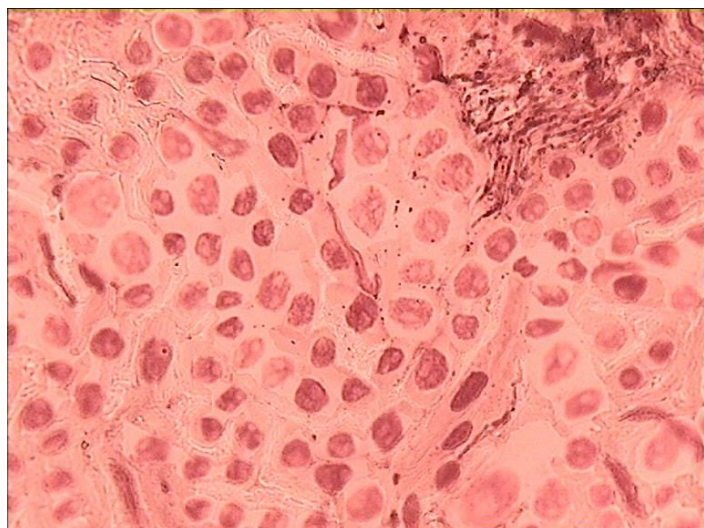
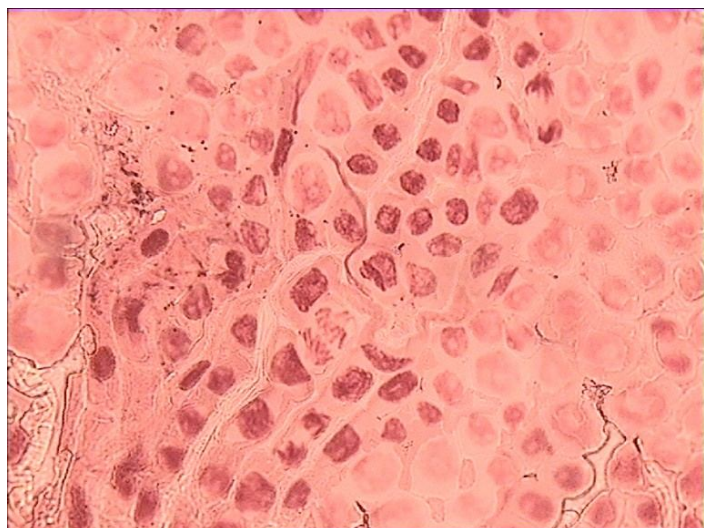


2



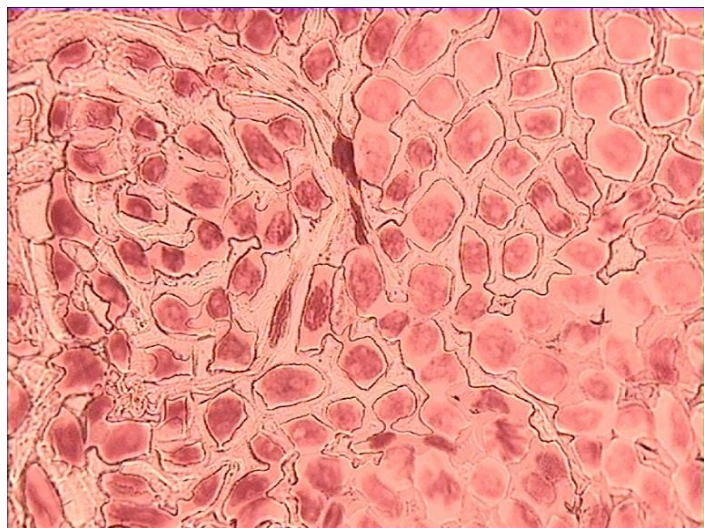
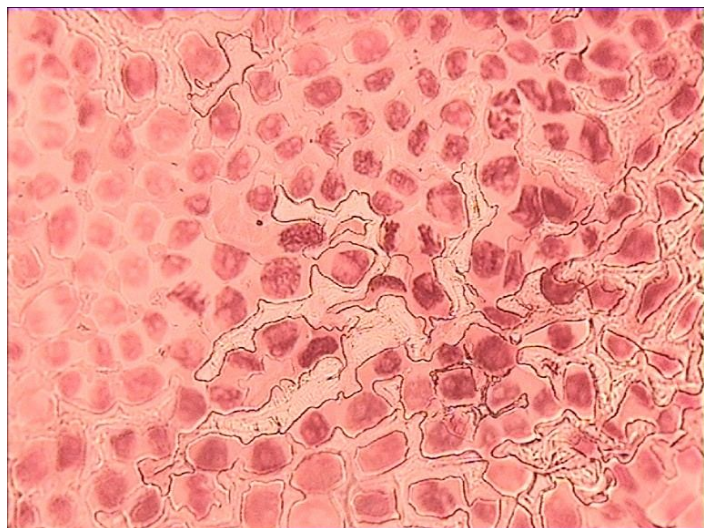
3

4



5

6



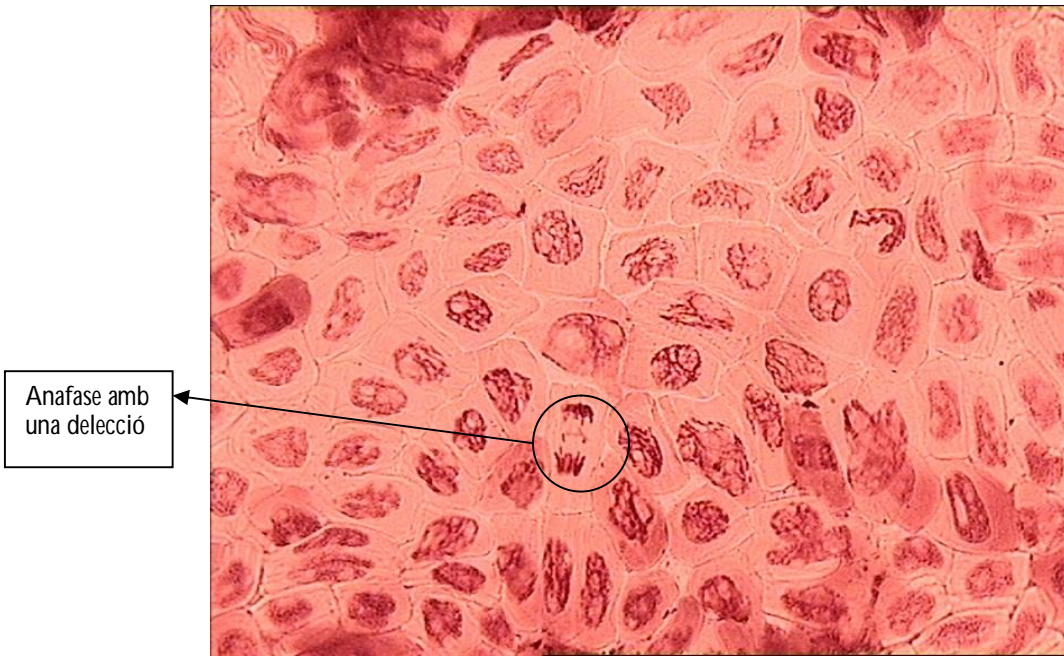
**5 mg/L de Cd**

Preparació a

1



2

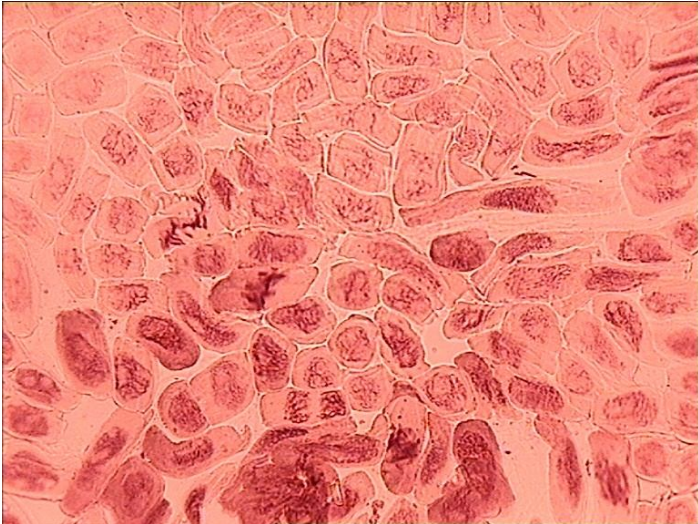


3

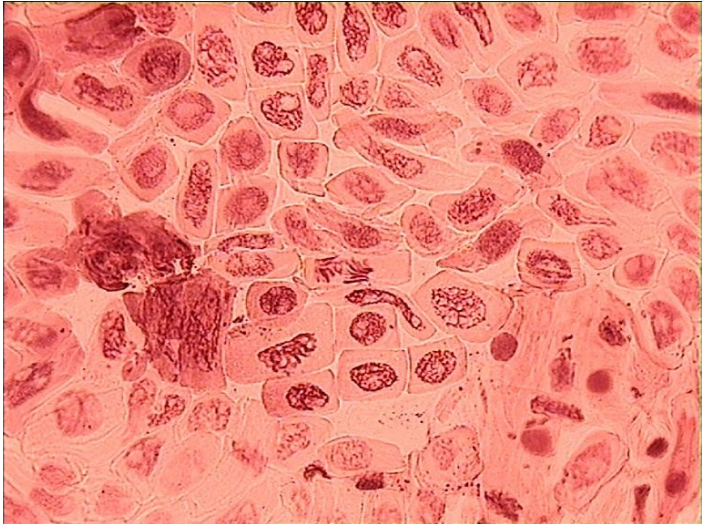
4



5



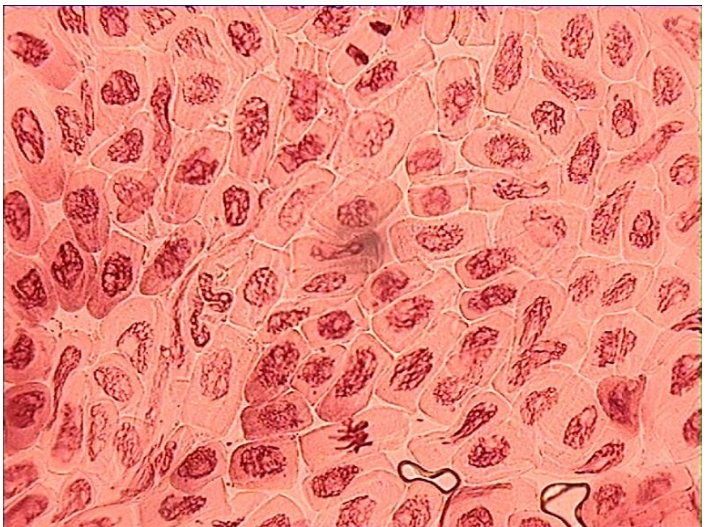
6



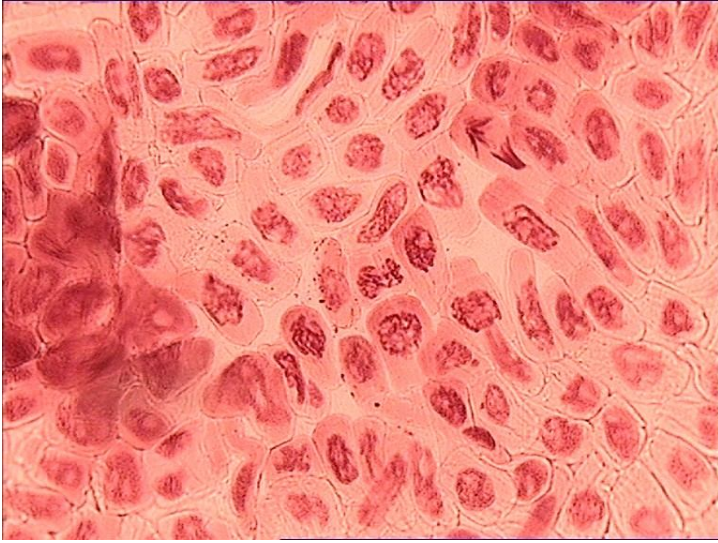
7



8

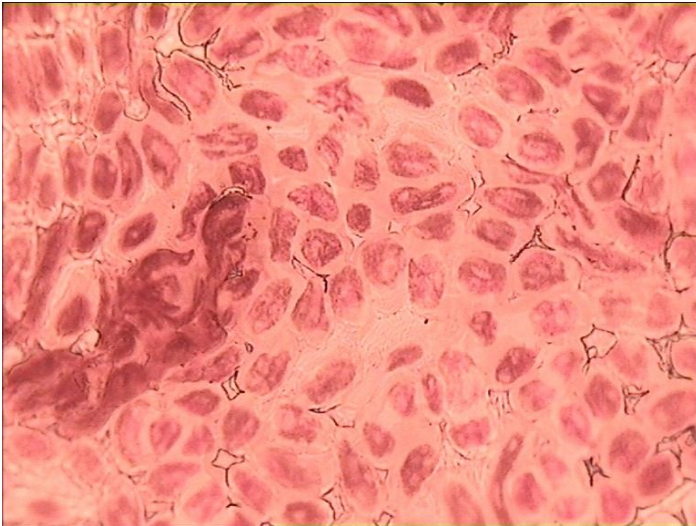


8

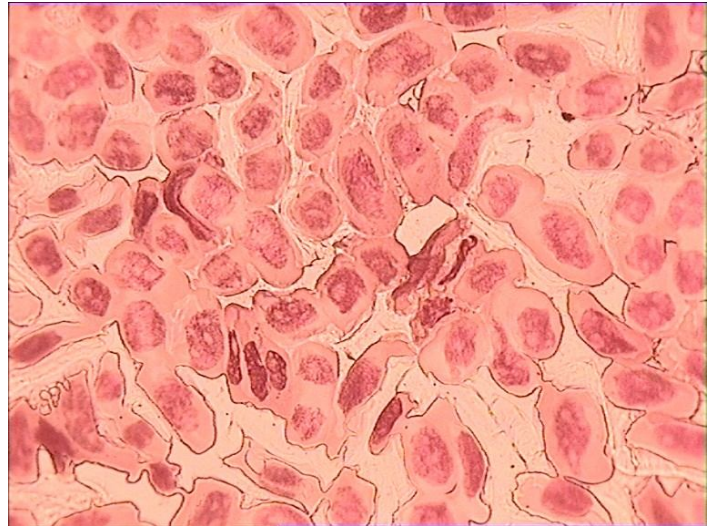


Preparació b

1

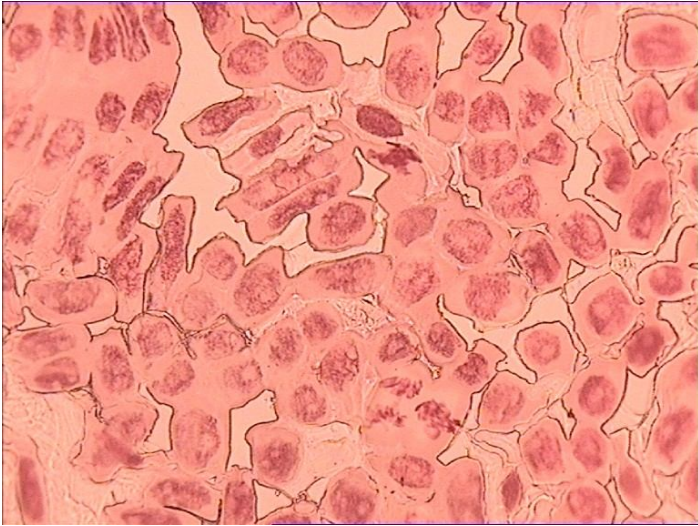


2

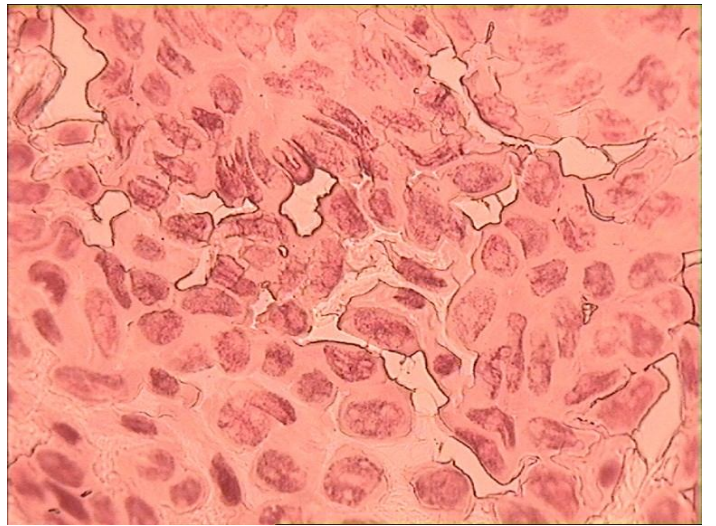


3

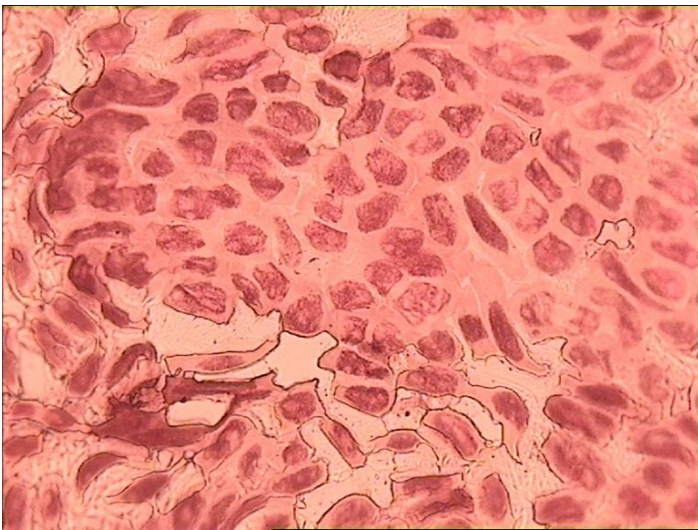
4



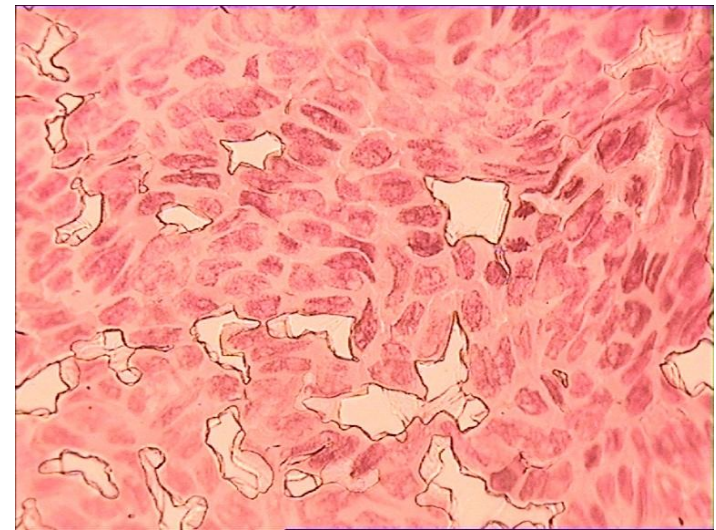
5



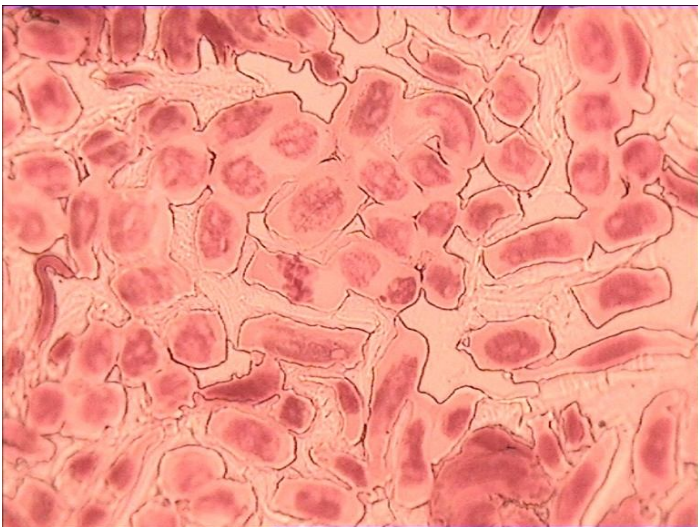
6



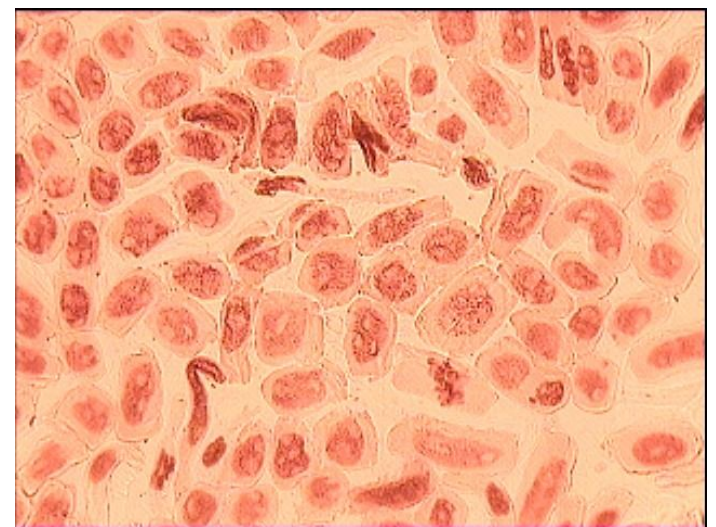
7

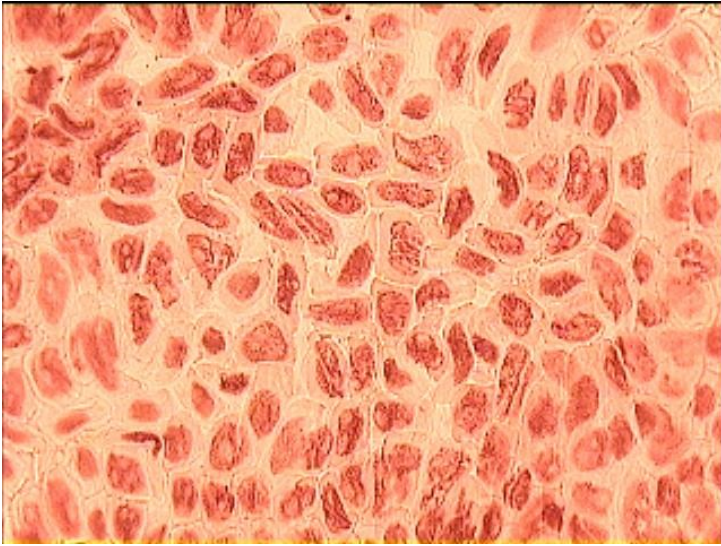


8



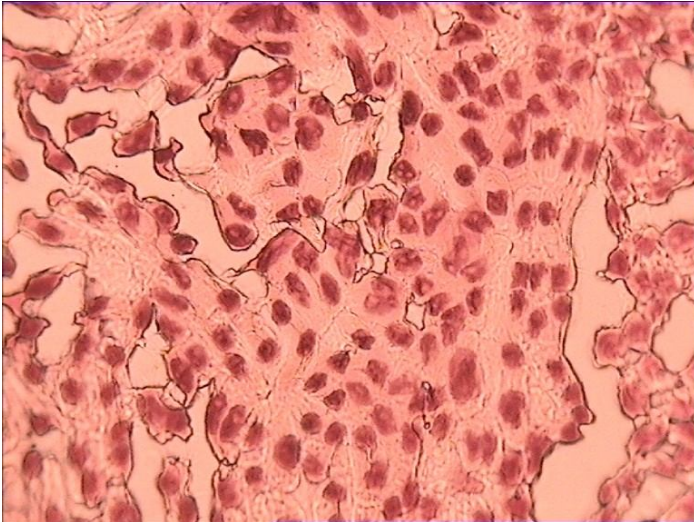
9



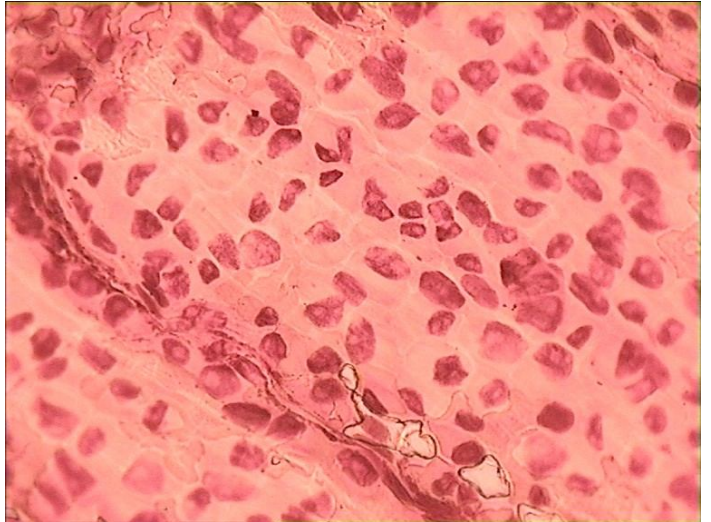


**50mg/L de Cd**  
Preparació a

1

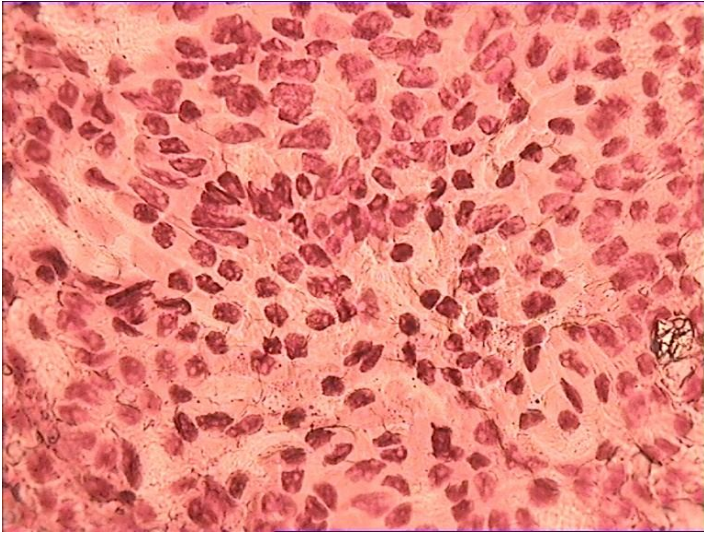


2

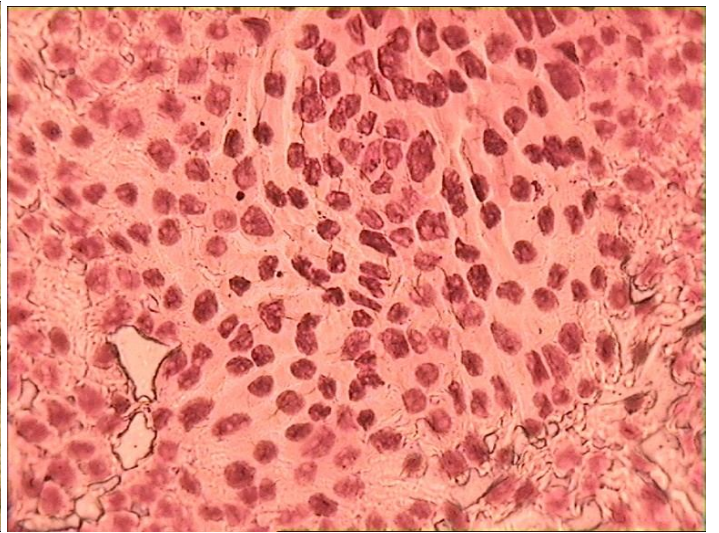


3

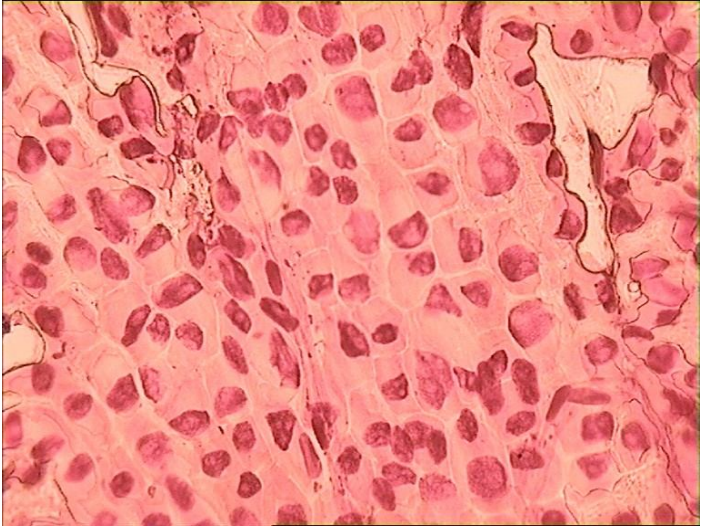
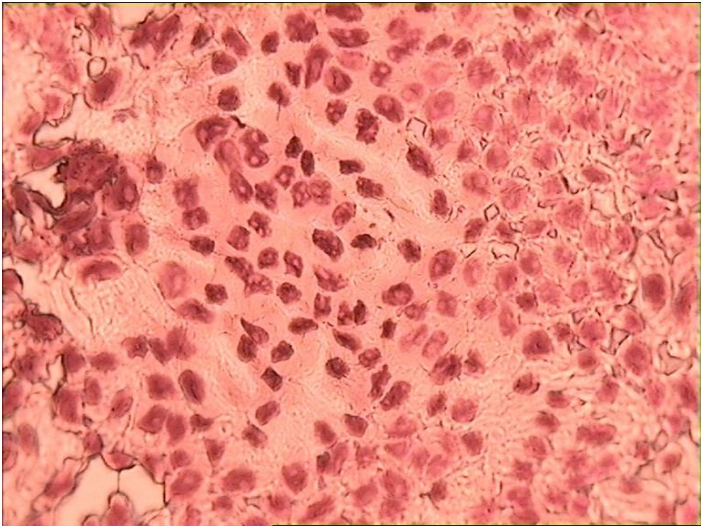
4



5

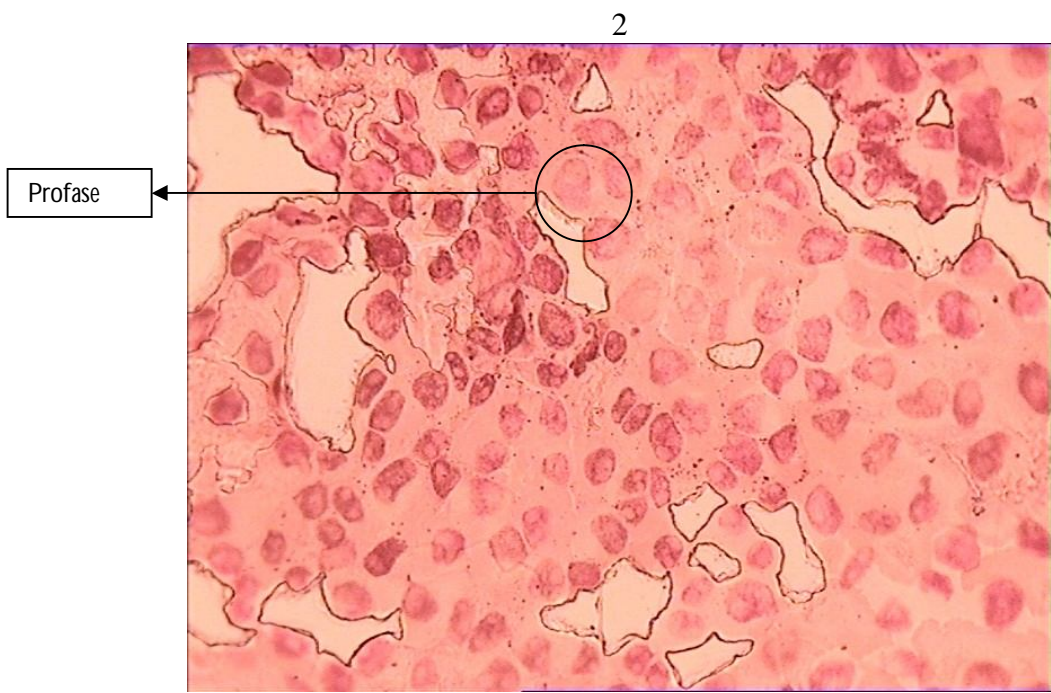
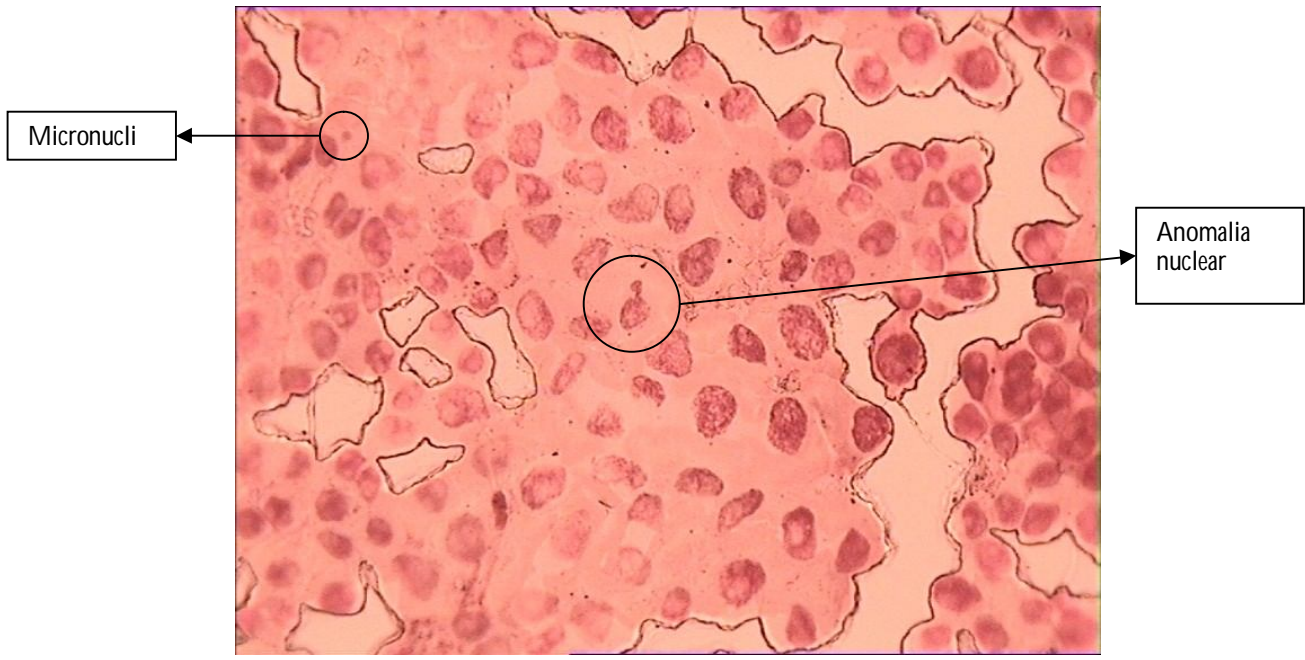


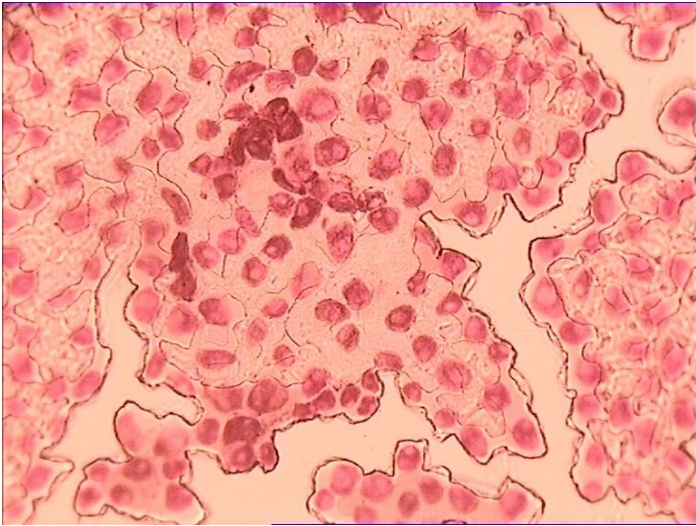
6



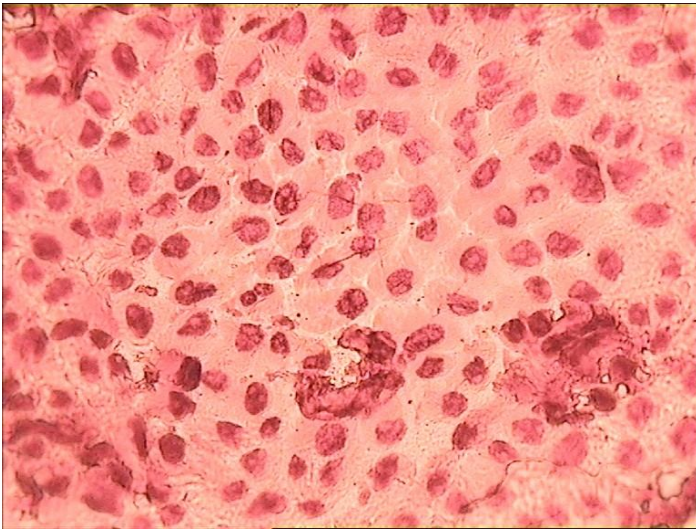
Preparació b

1

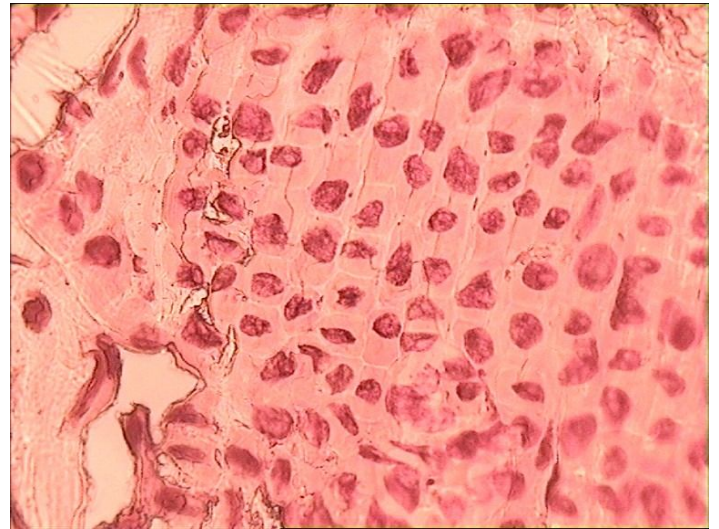




5



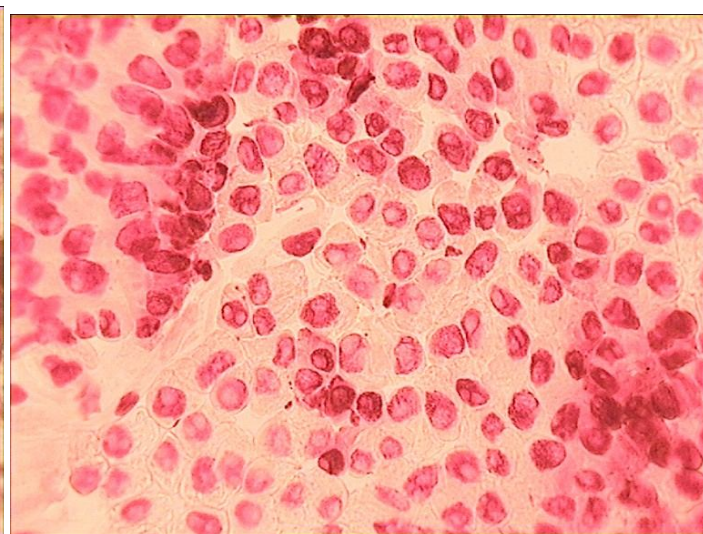
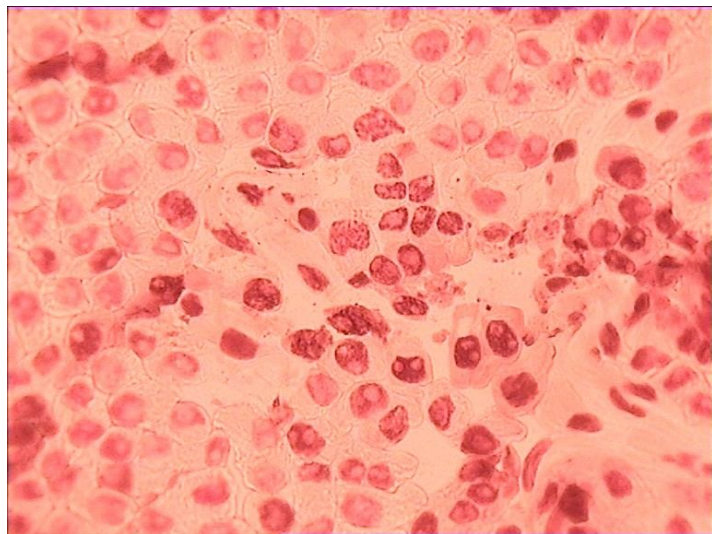
6



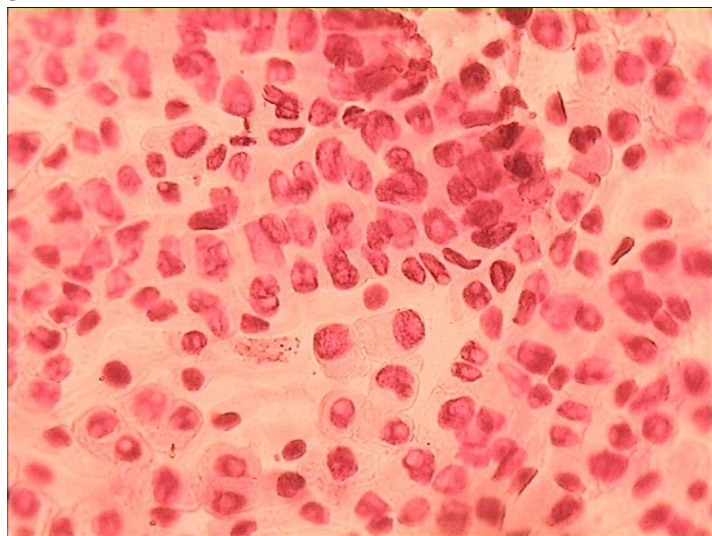
100mg/L de Cd

Preparació a

1



3

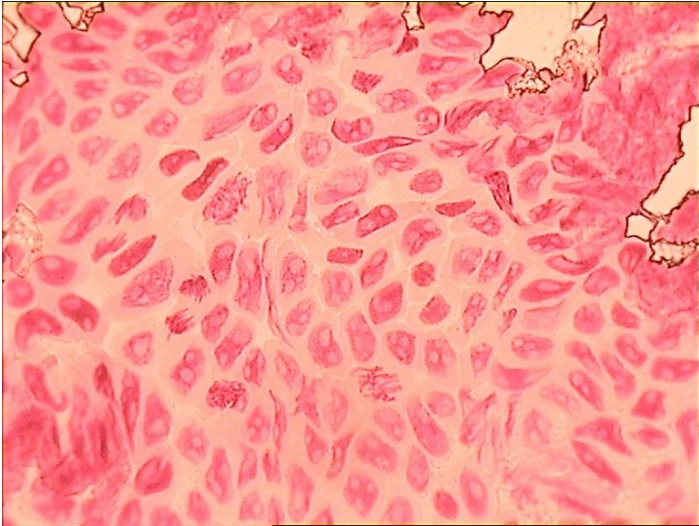


4

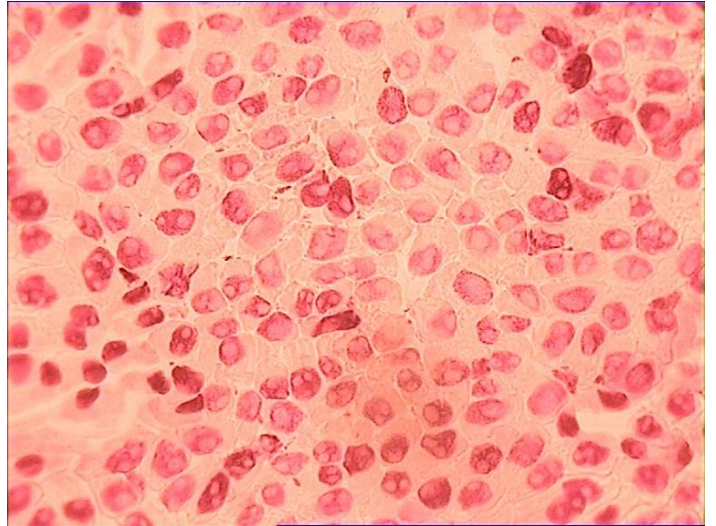


5

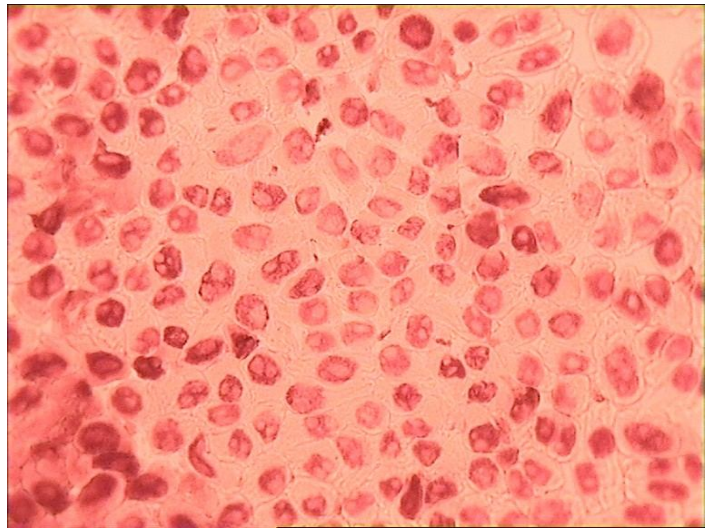
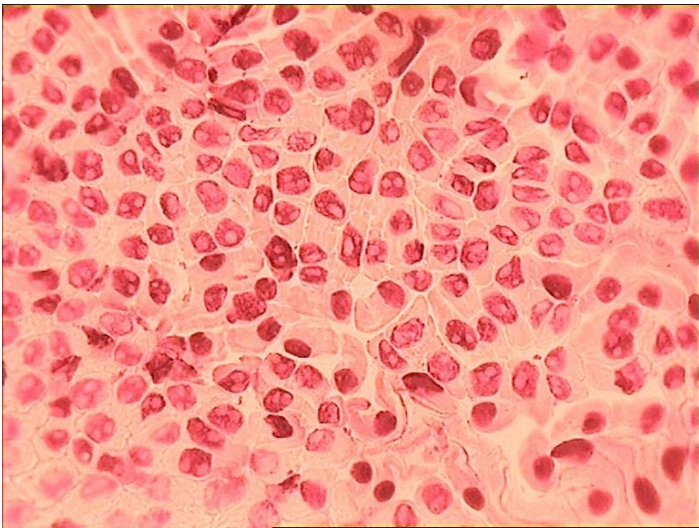
6



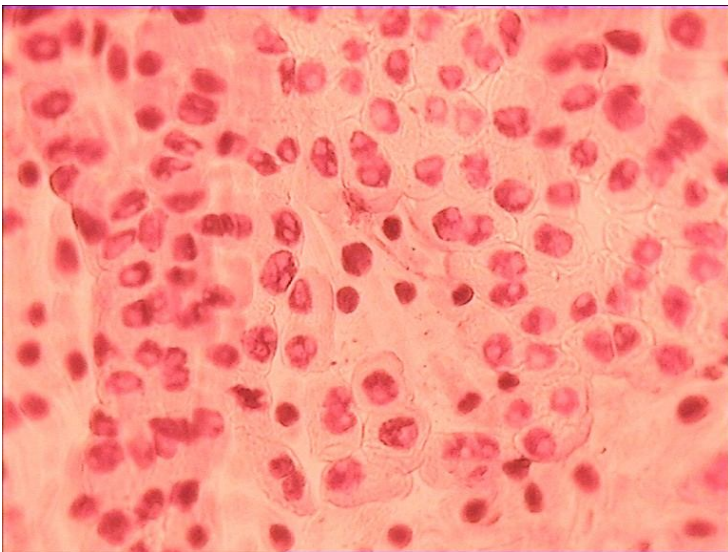
7



8

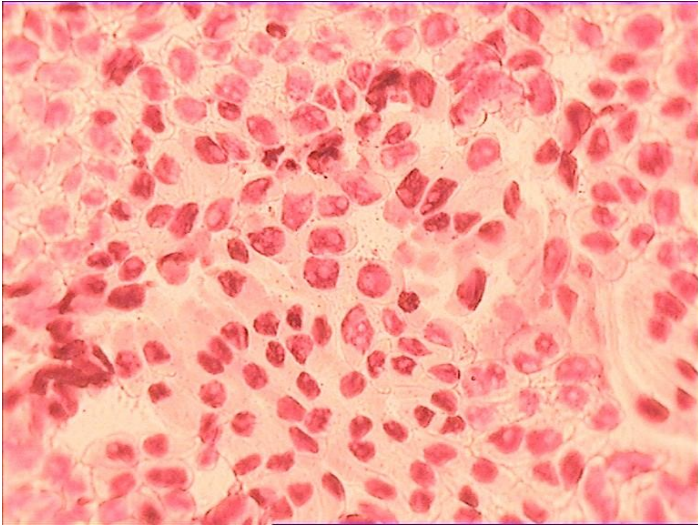


9

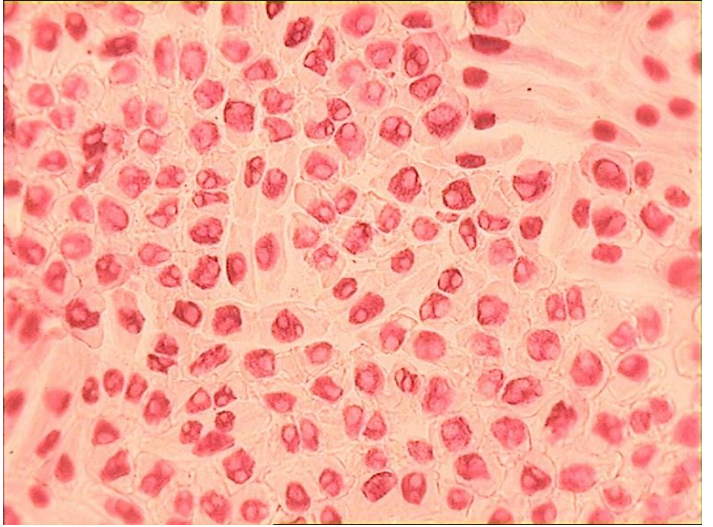


Preparació b

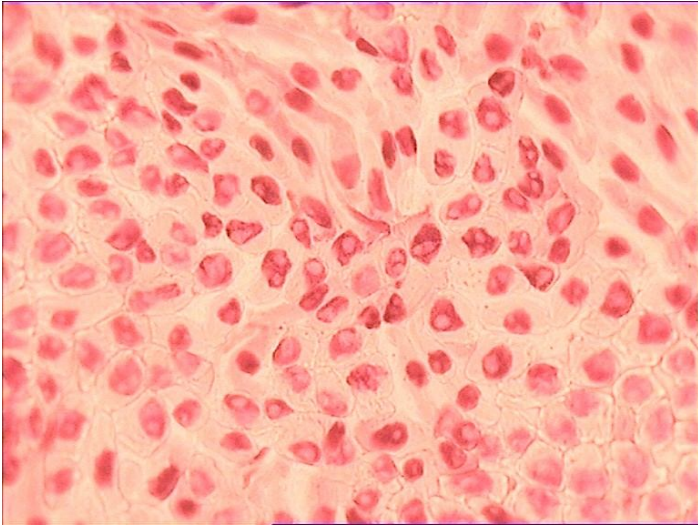
1



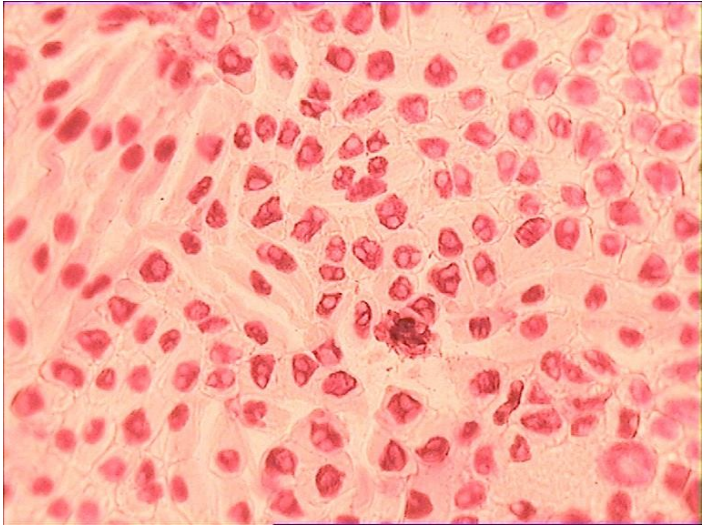
2



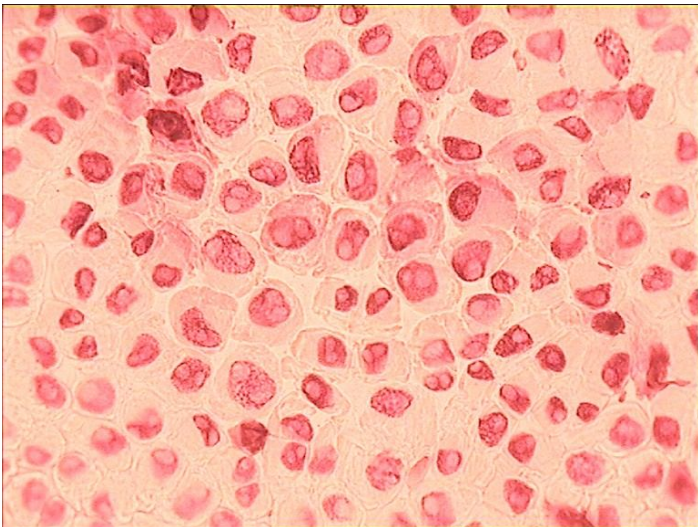
3



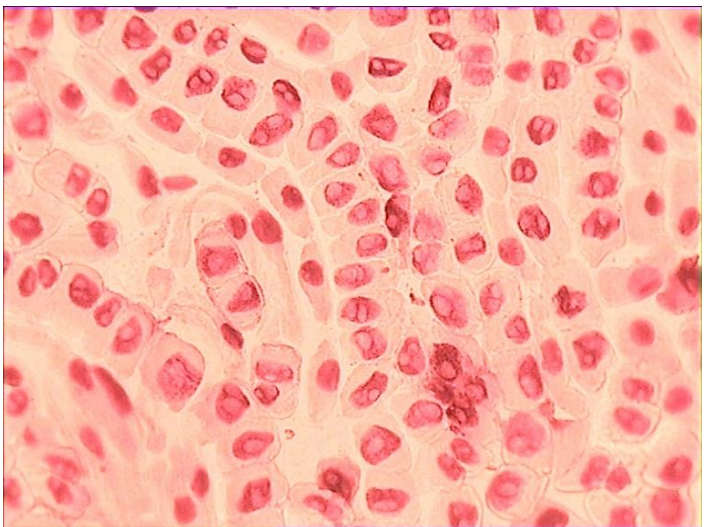
4



5



6

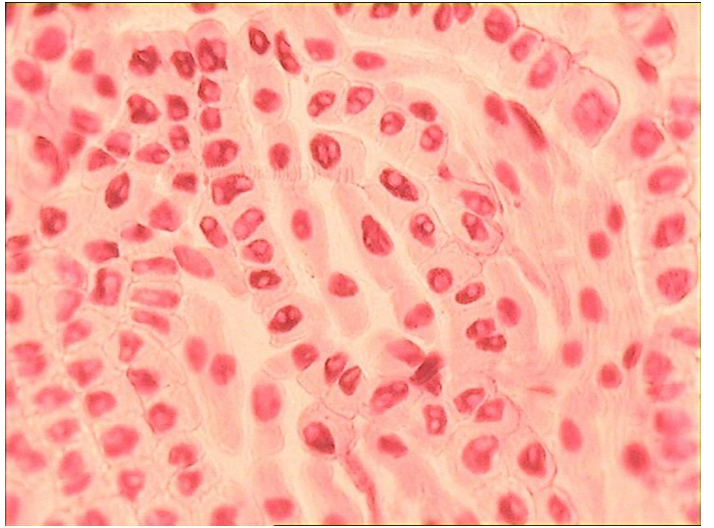
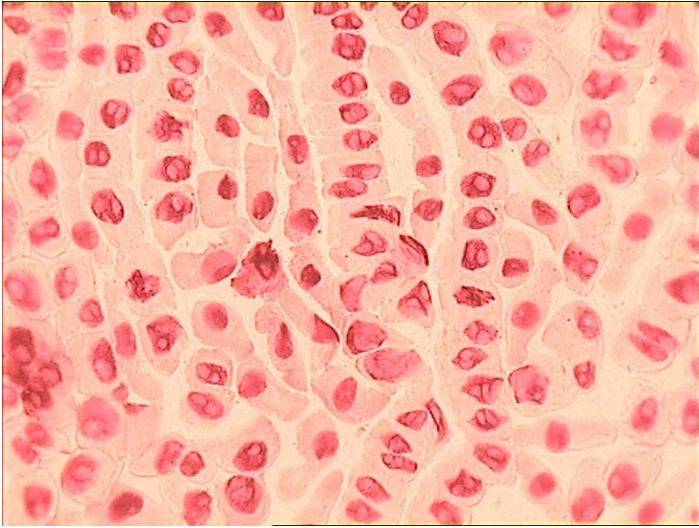


7

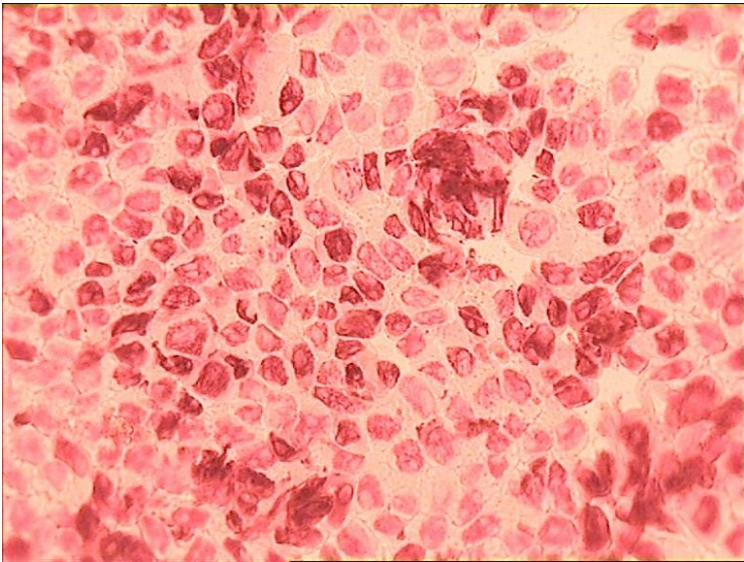


8





9

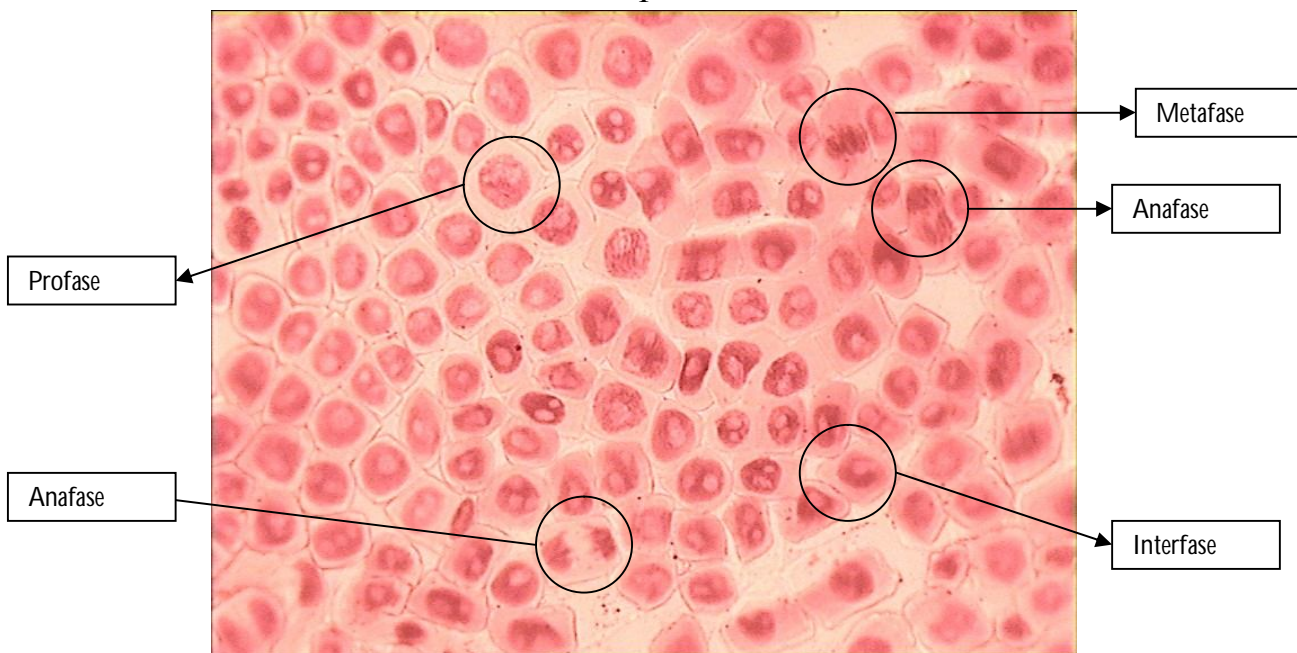


*Arrels de llavor amb aigua mineral i Cd*

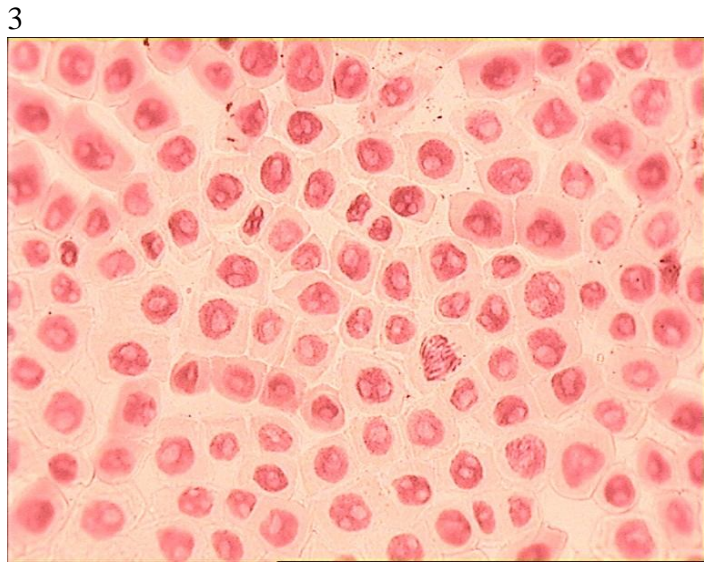
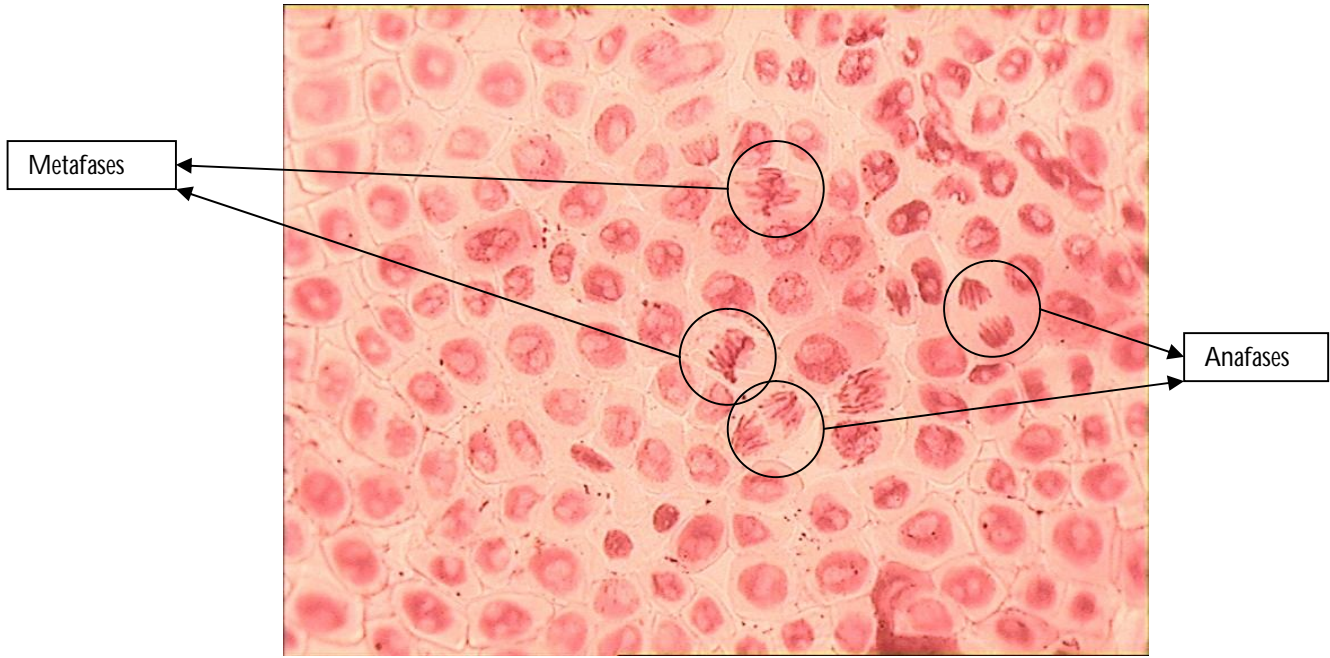
**Control**

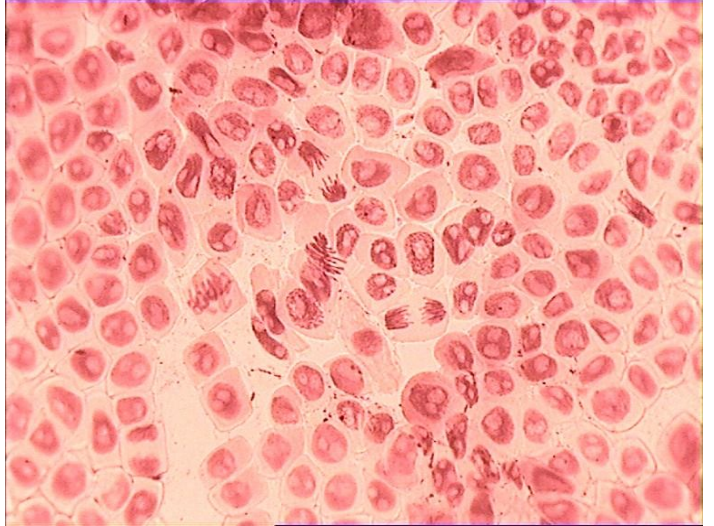
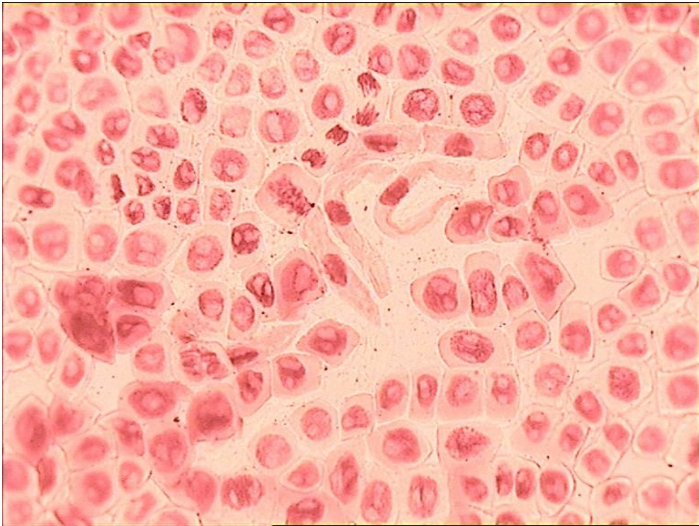
Preparació a

1



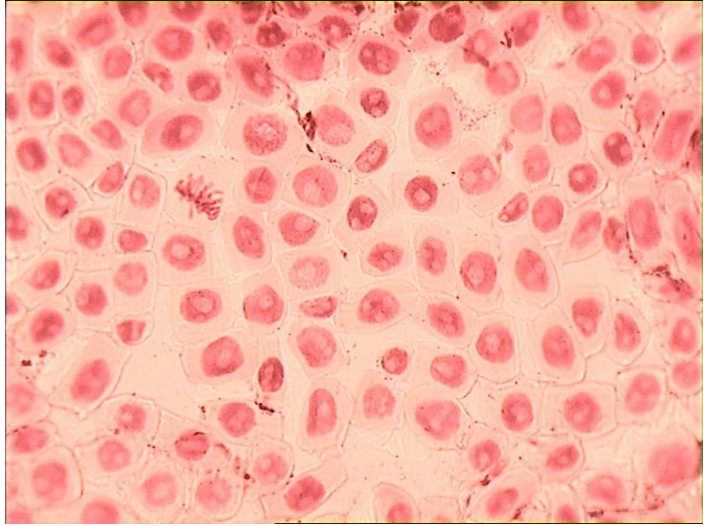
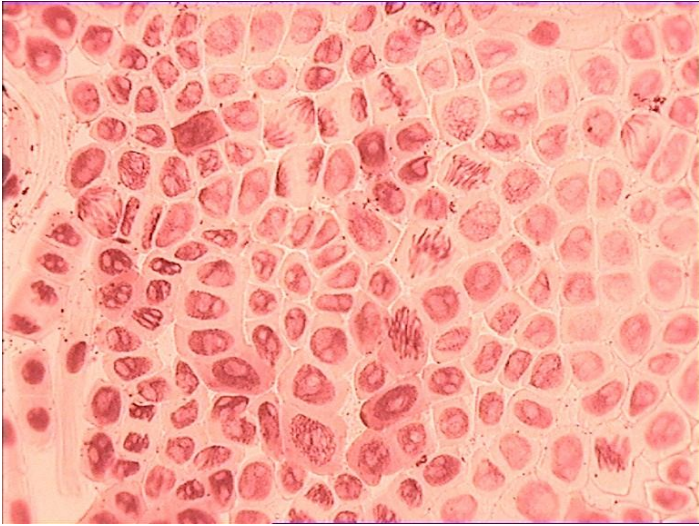
2





7

8

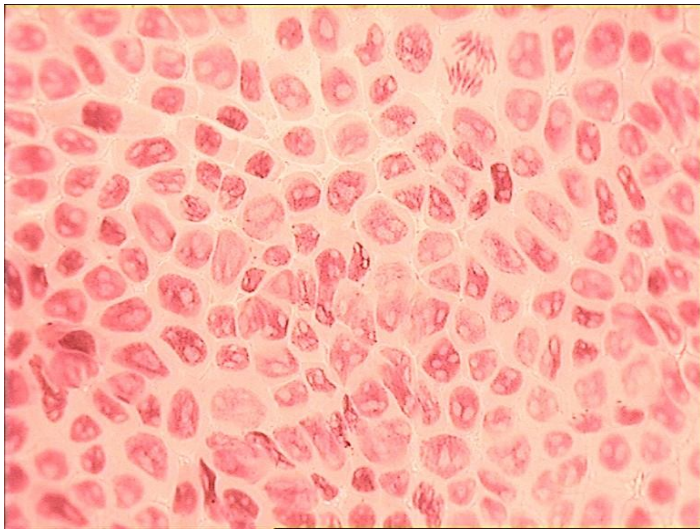


Preparació b

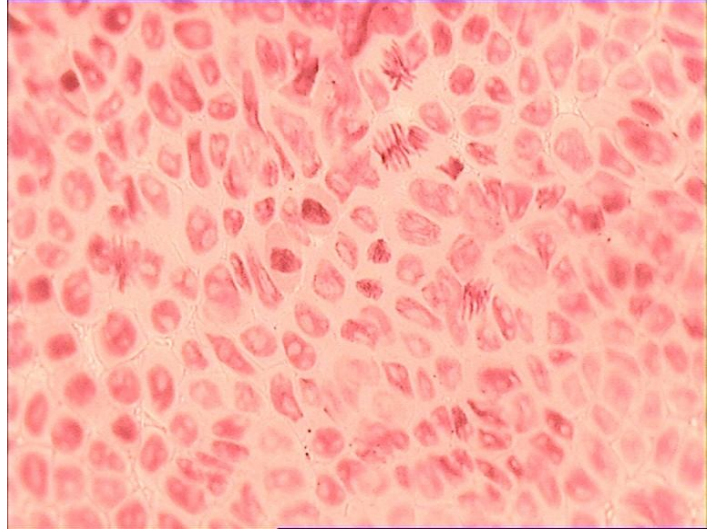
1



2

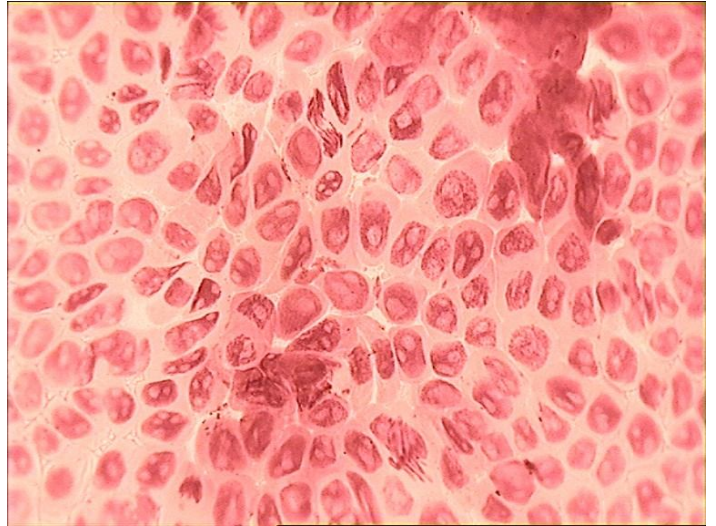


3

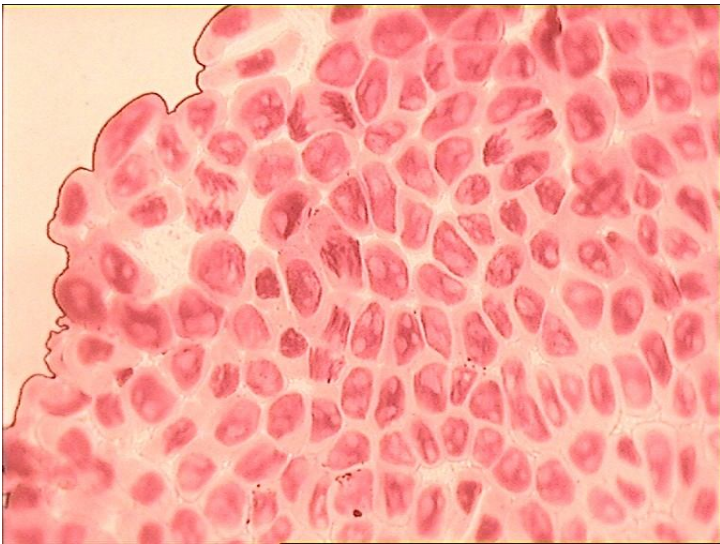


4

5



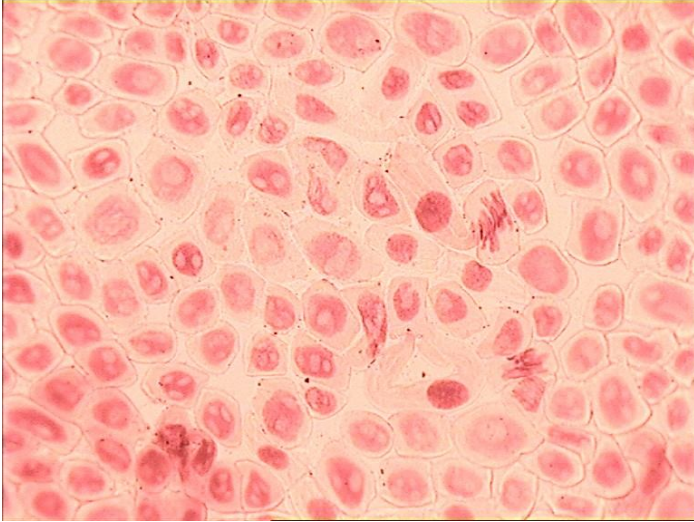
6



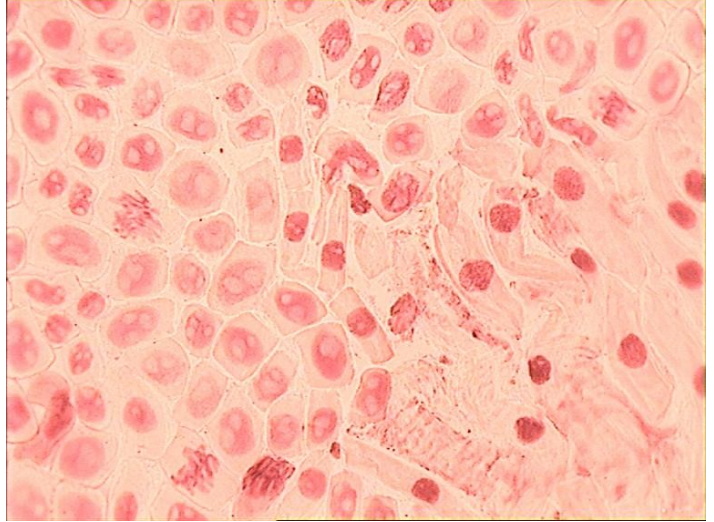
5mg/L

Preparació a

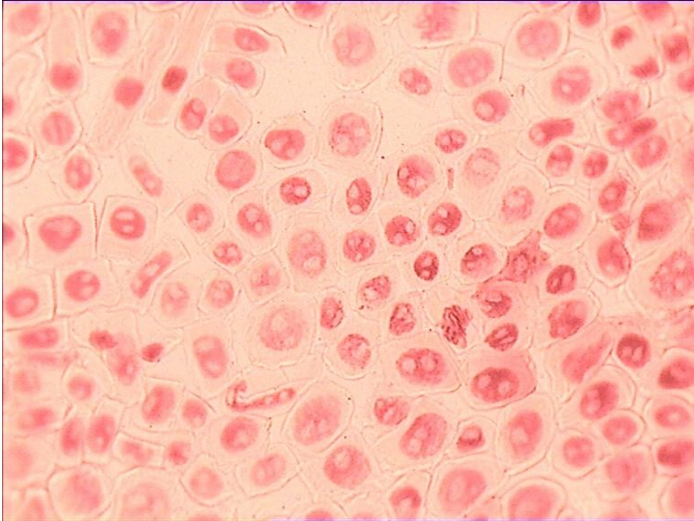
1



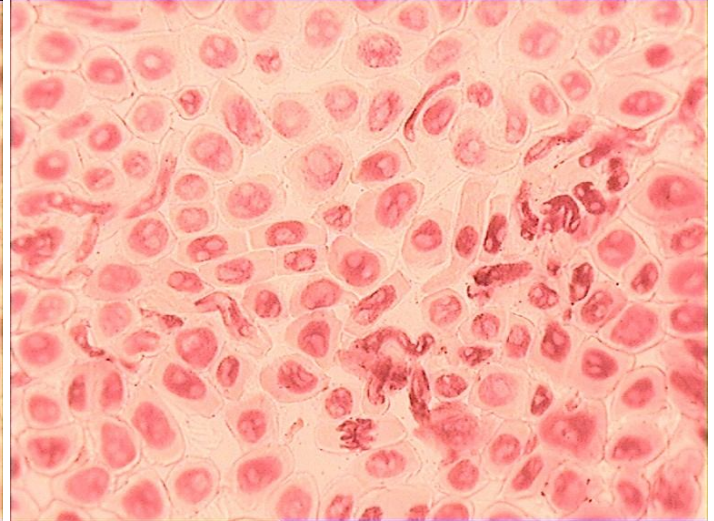
2



3

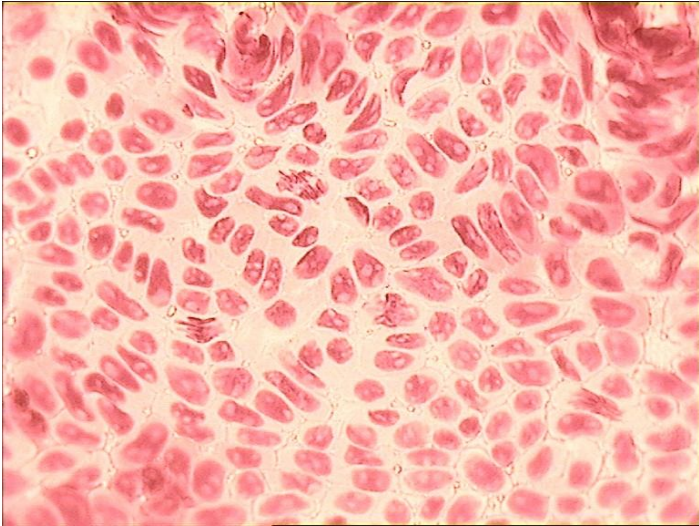


4

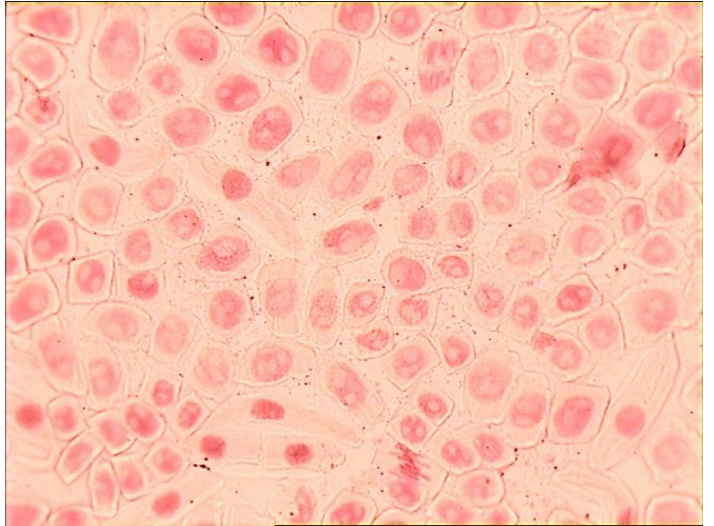


5

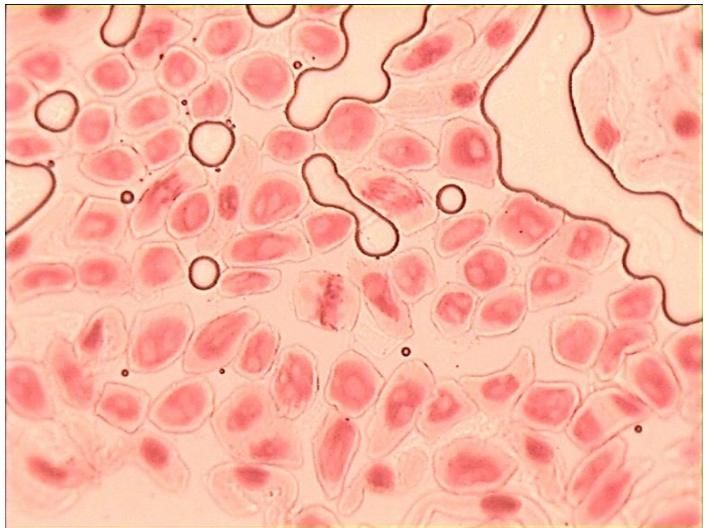
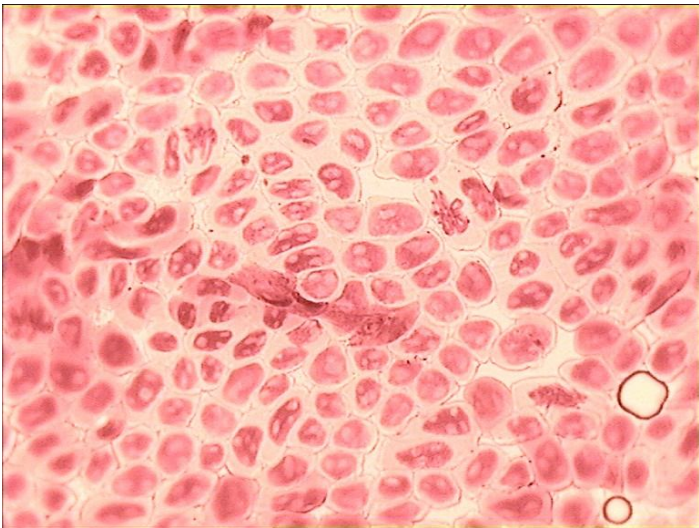
6



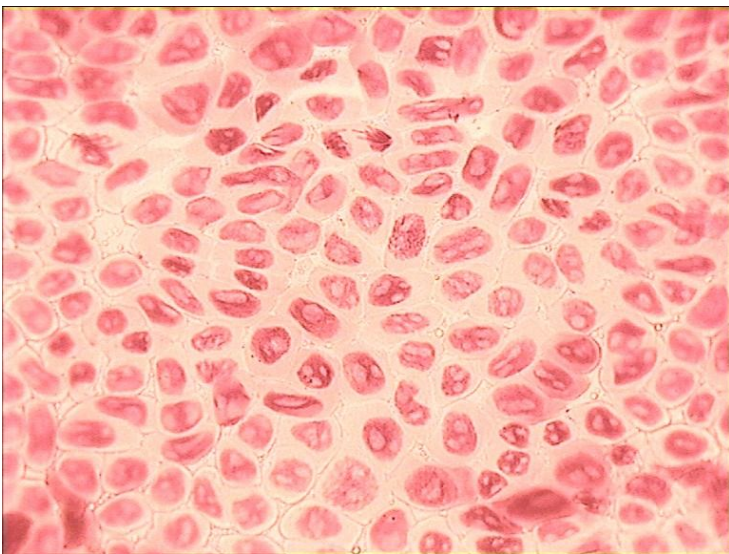
7



8



9

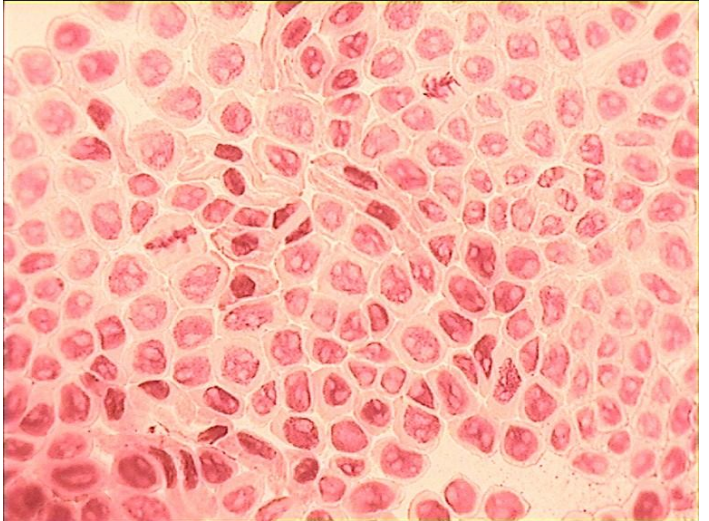


Preparació b

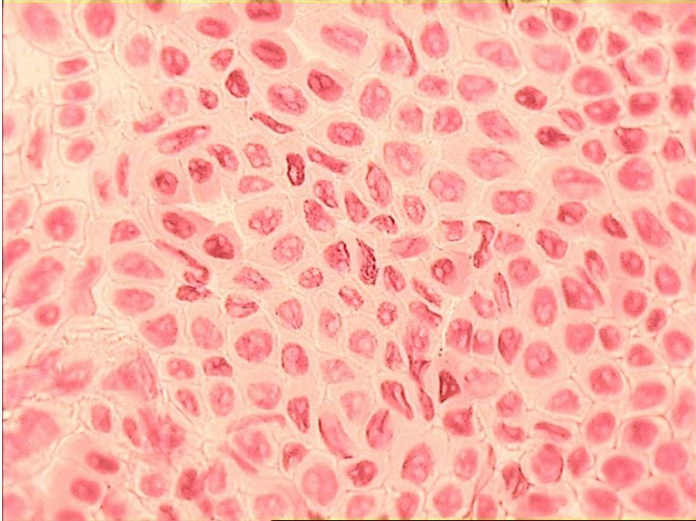
1



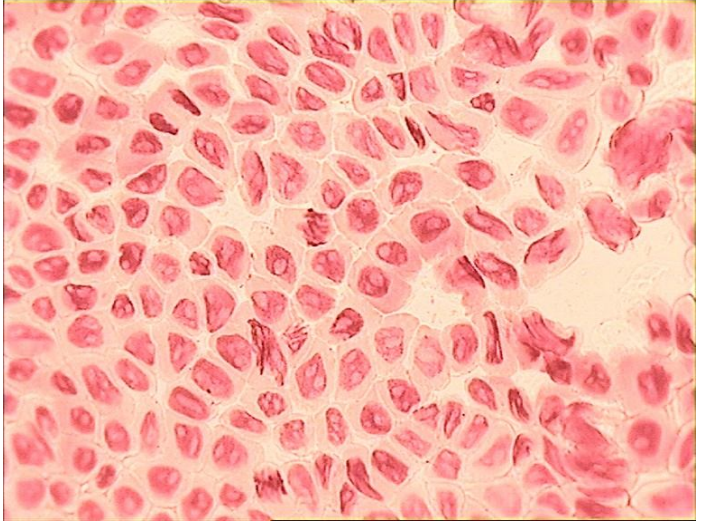
2



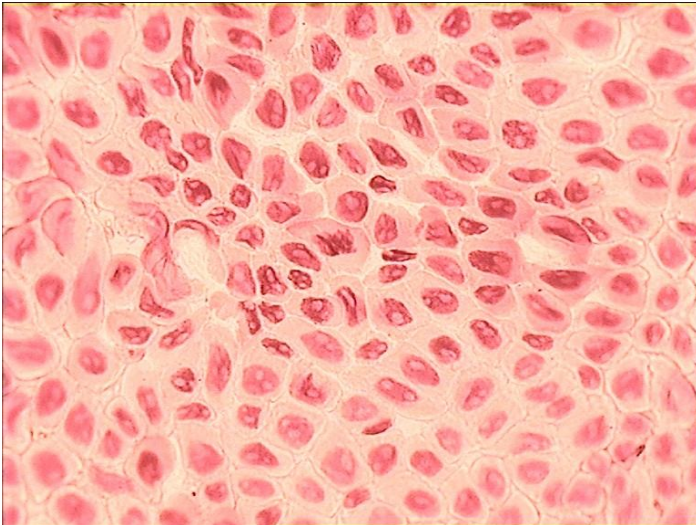
3



4



5



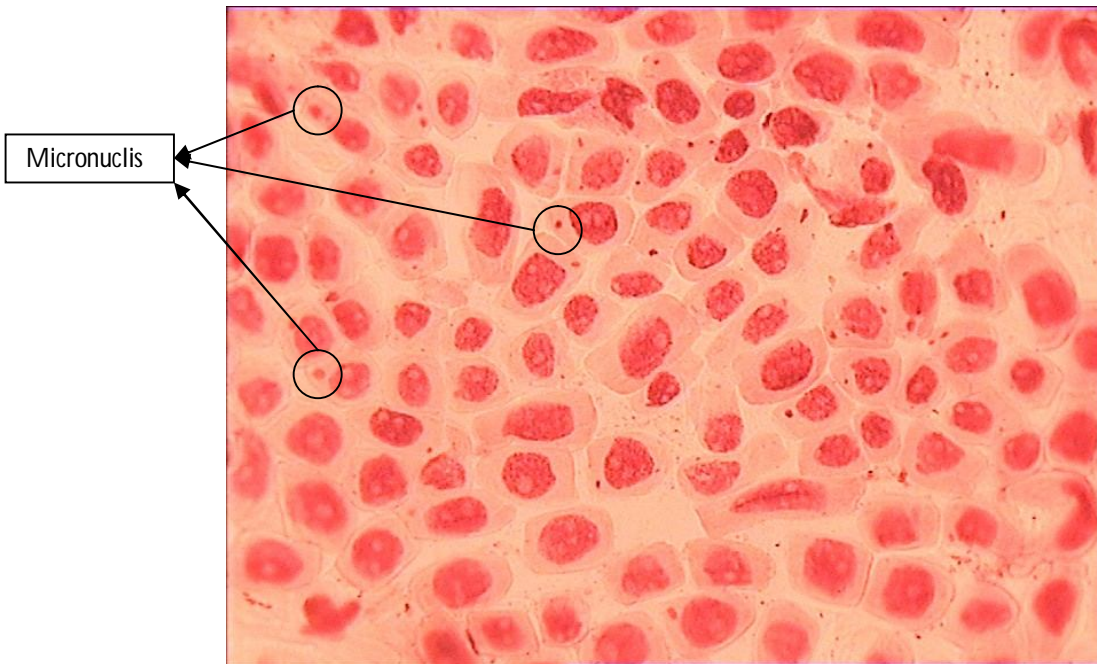
6



**50mg/L**

Preparació a

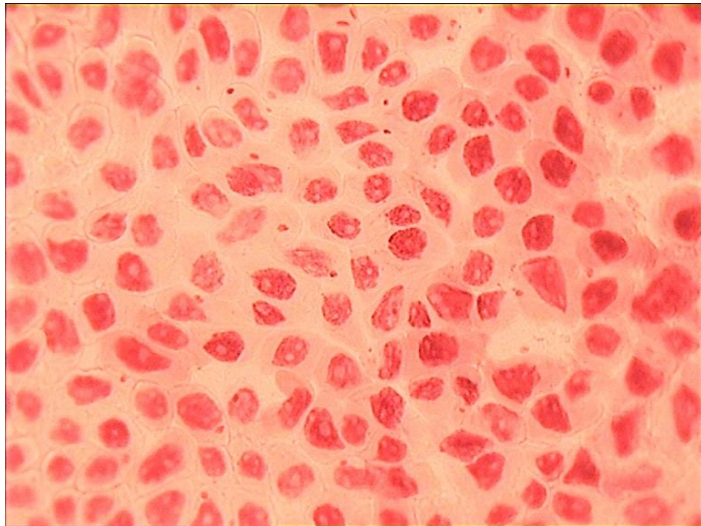
1



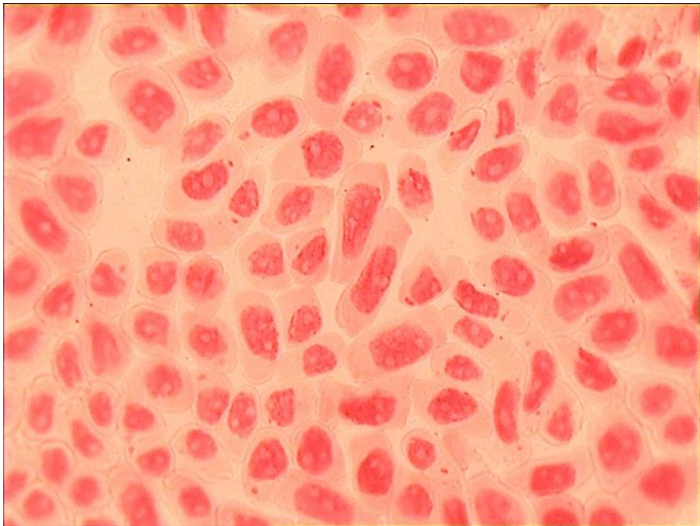
2



3

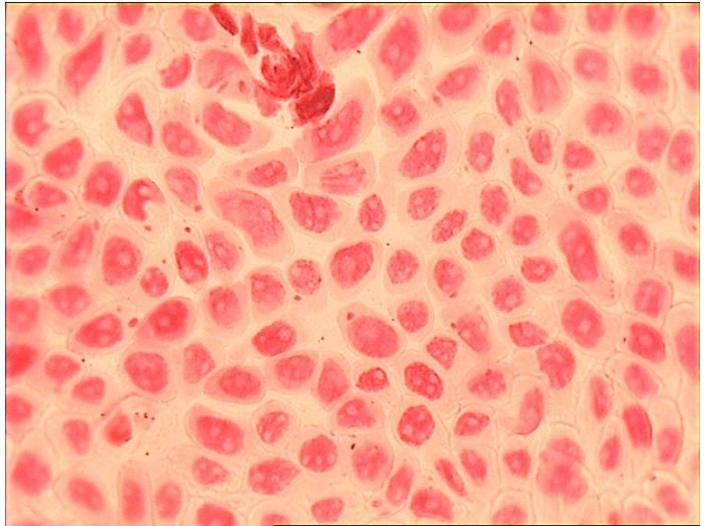
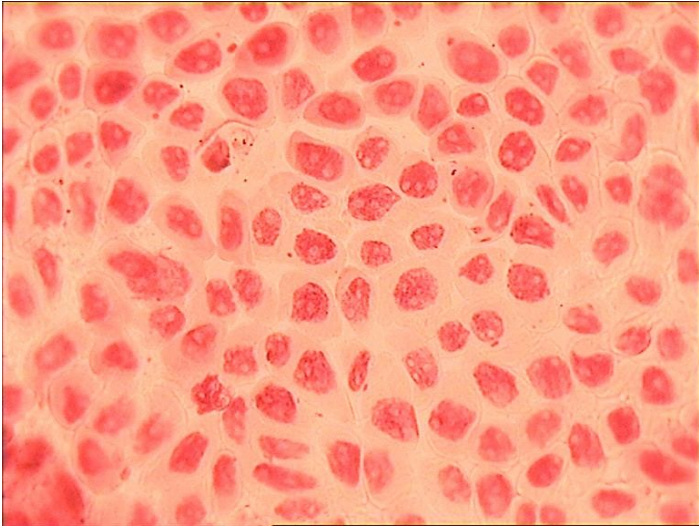


4



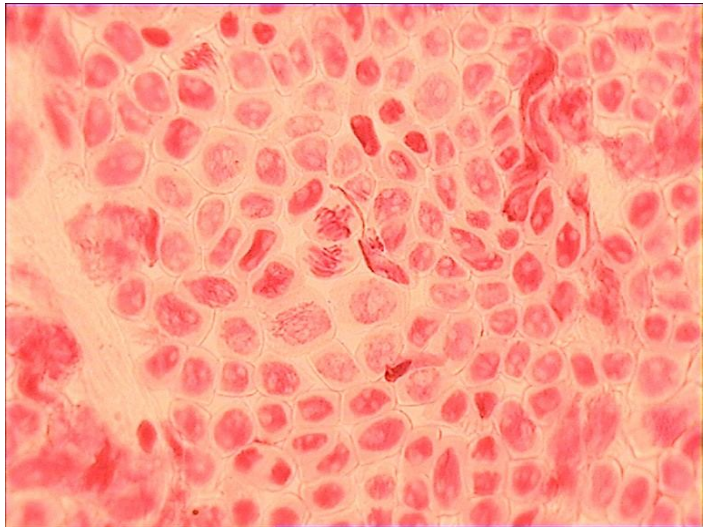
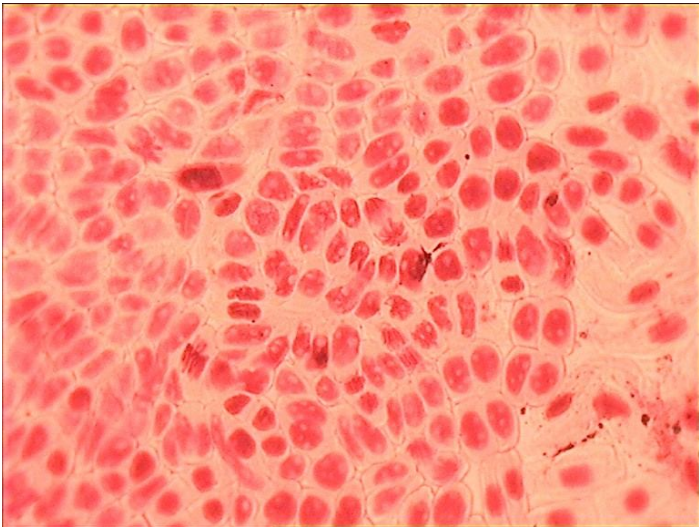
5

6



7

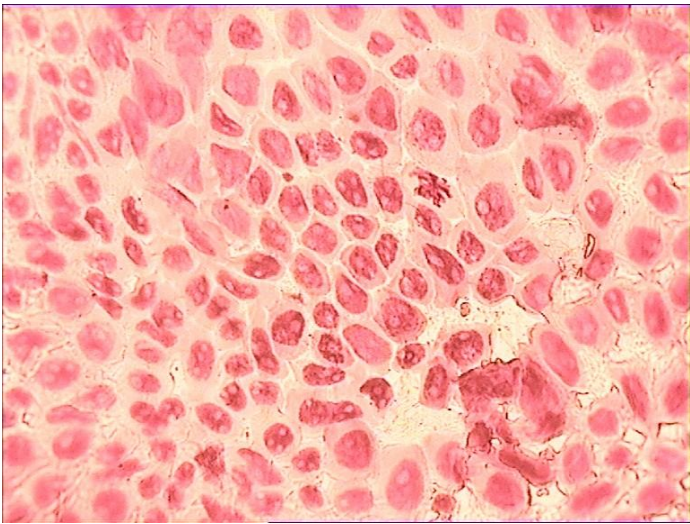
8



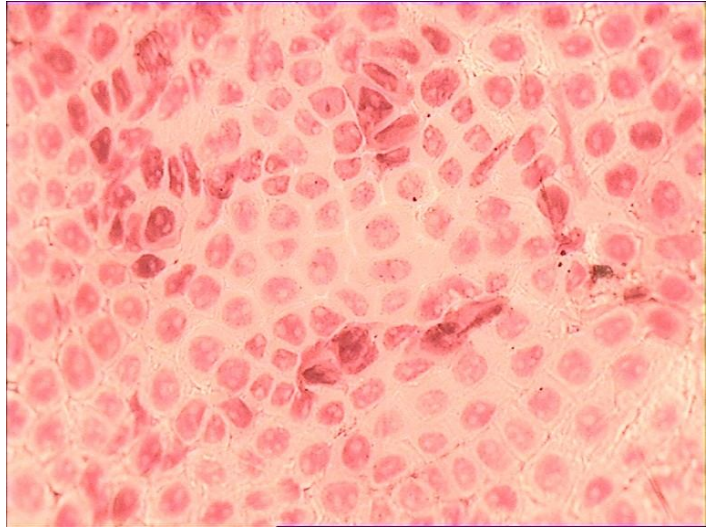
Preparació b

1

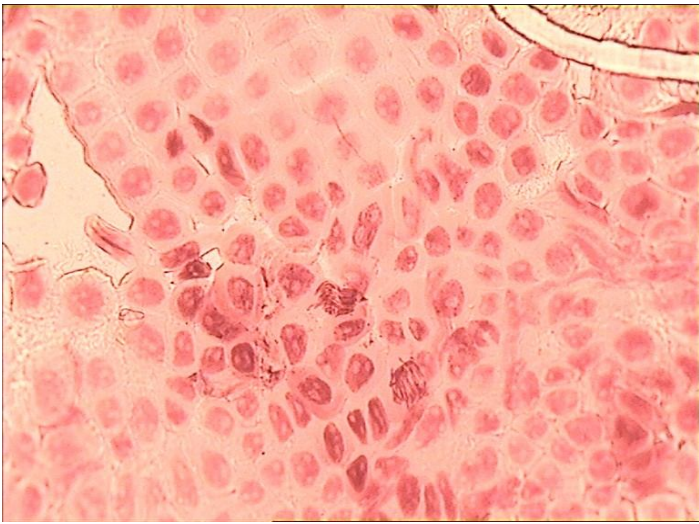
2



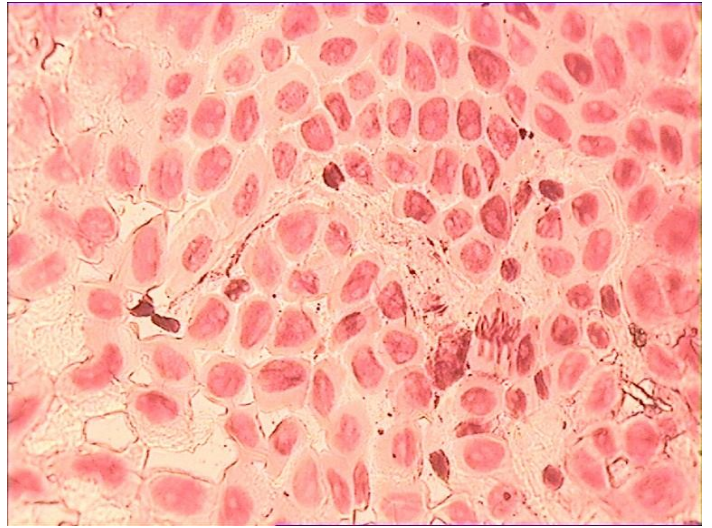
3



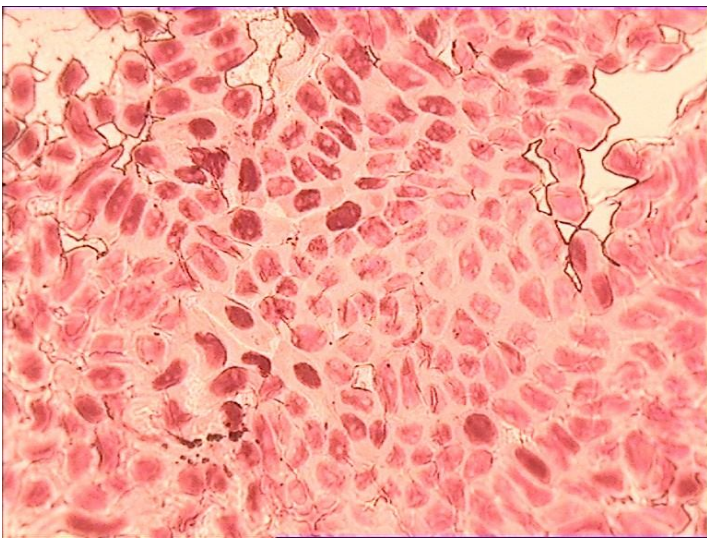
4



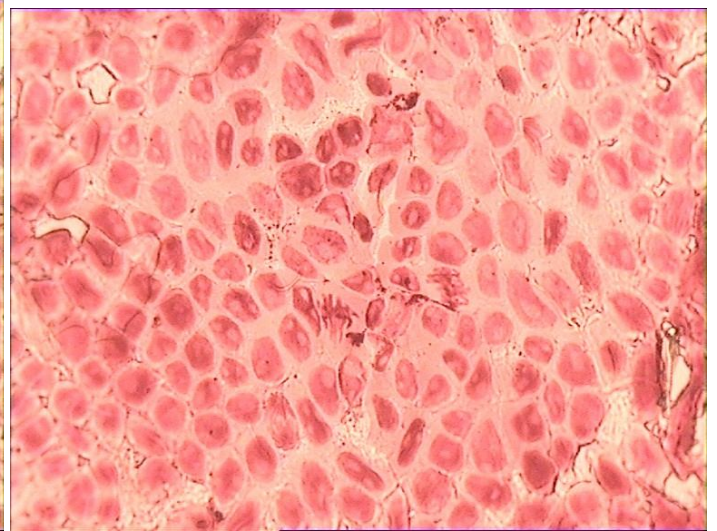
4



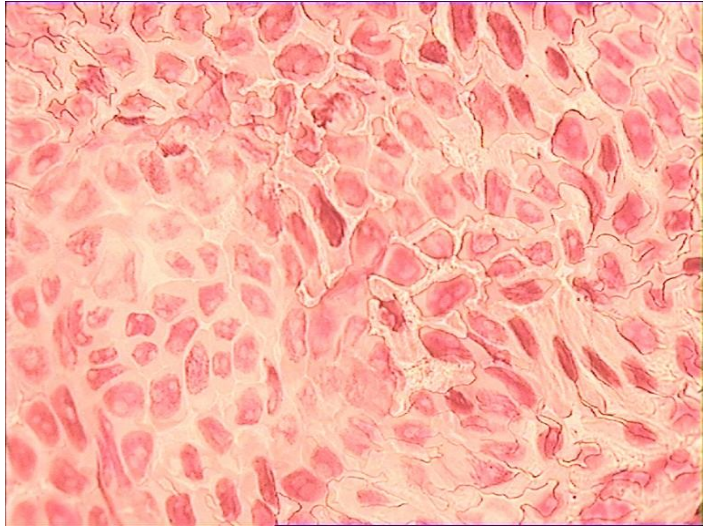
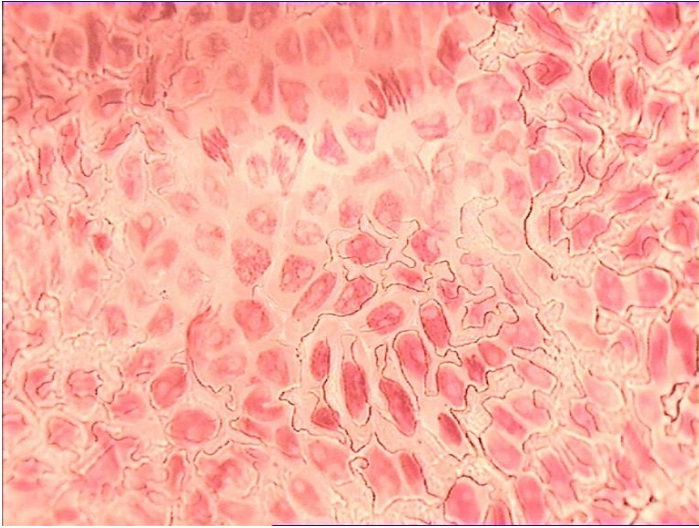
5



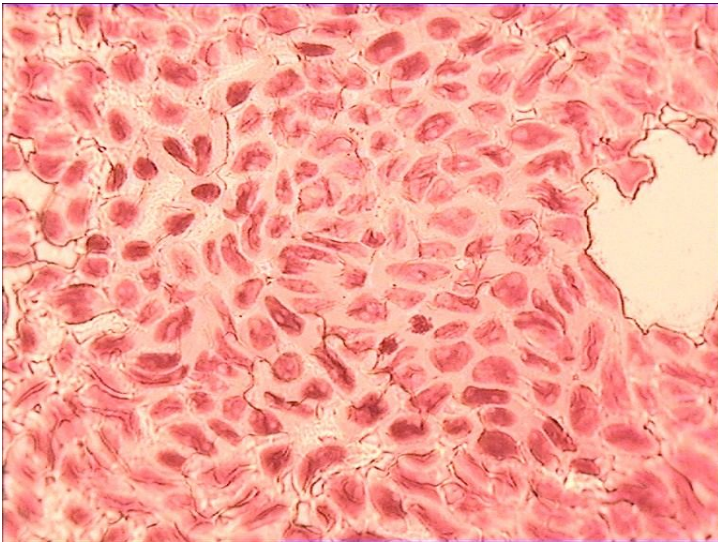
6



7



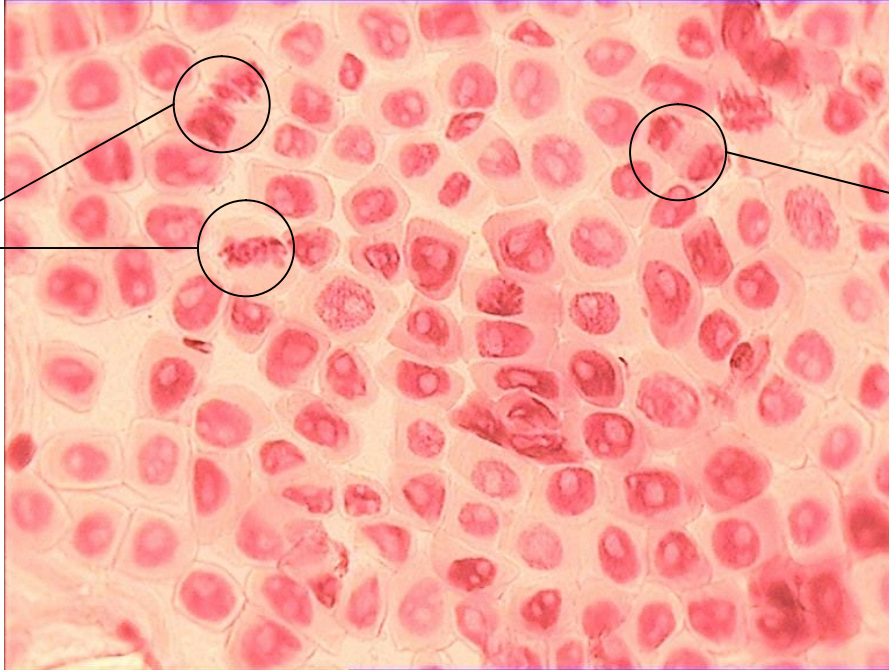
9



100mg/L

Preparació a

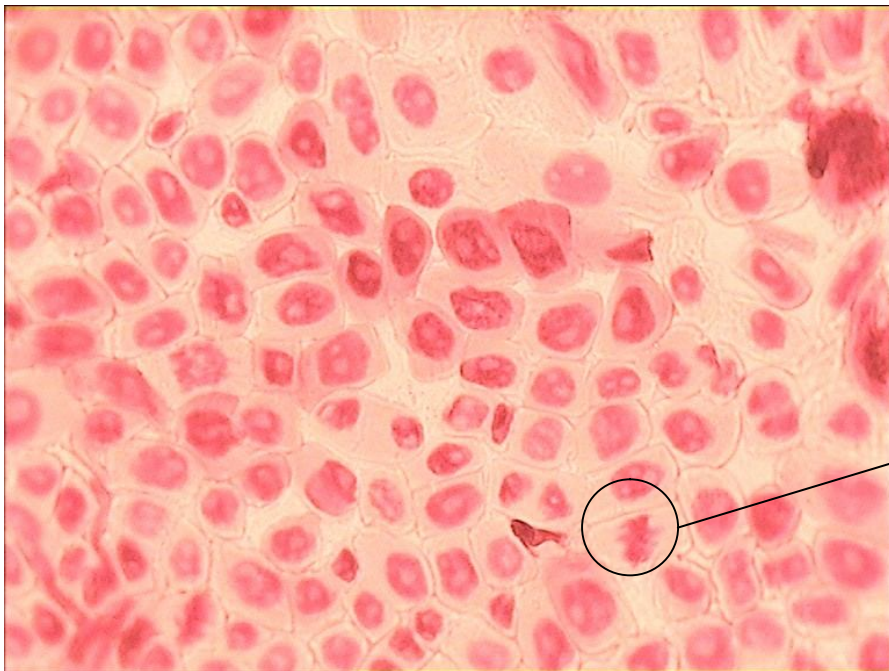
1



Telofase

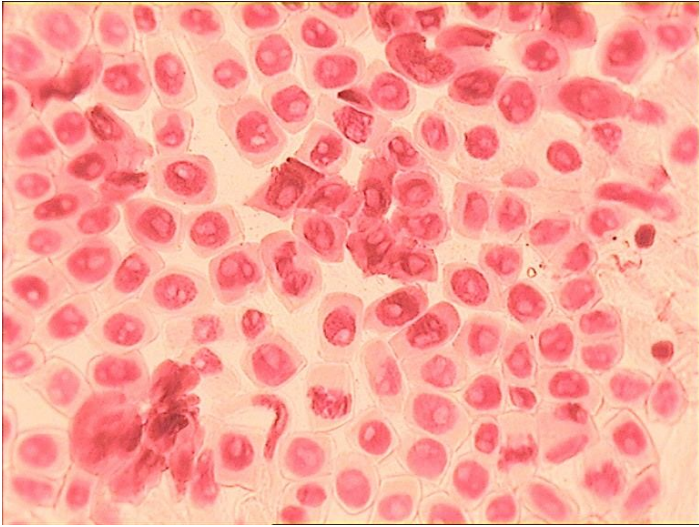
Metafases  
amb  
adherències

2

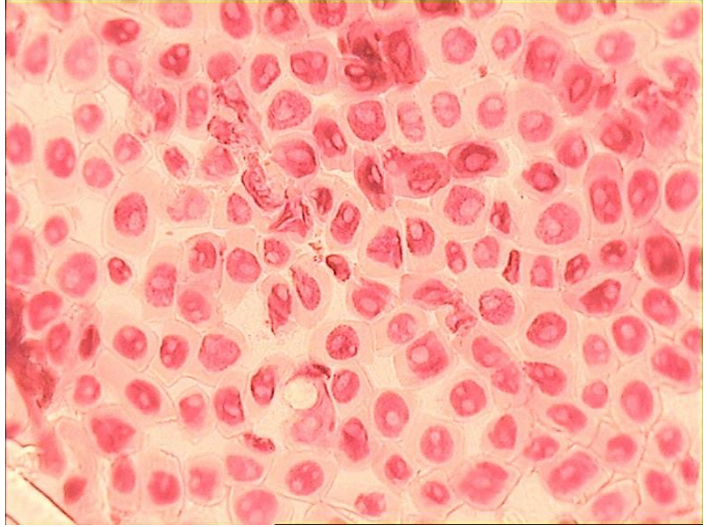


Metafase

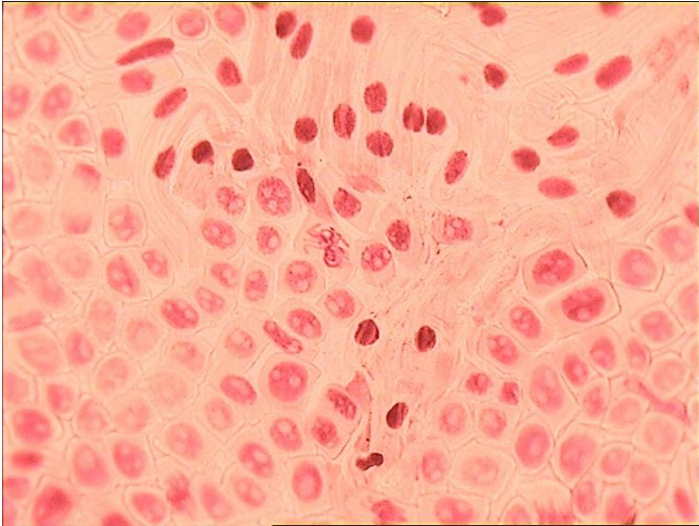
3



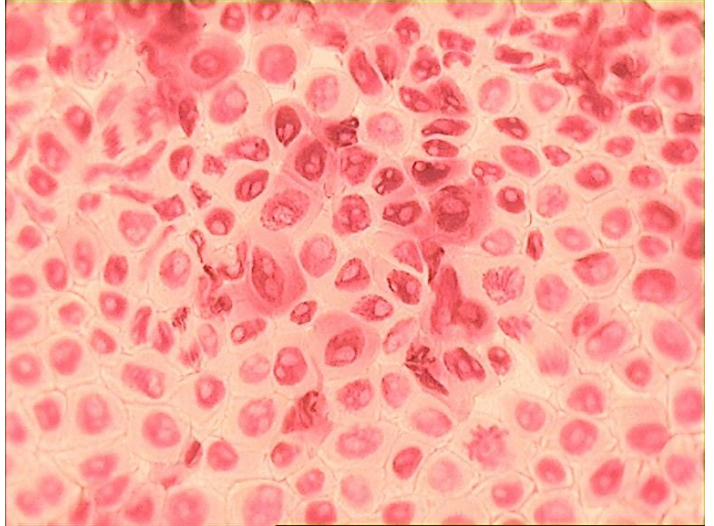
4



5

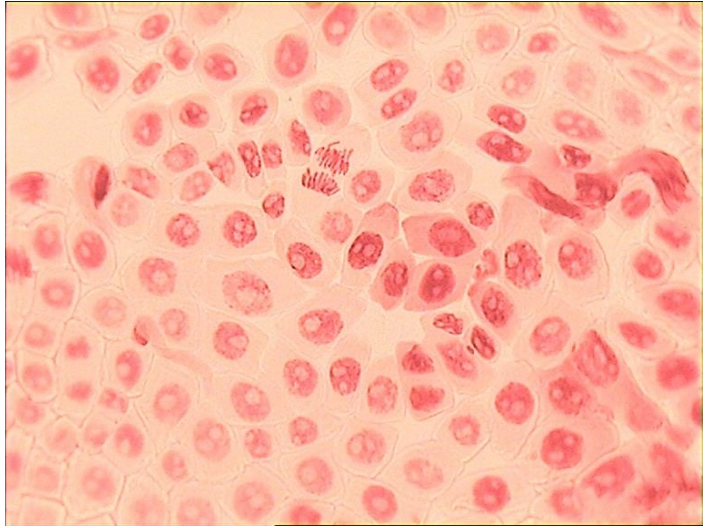
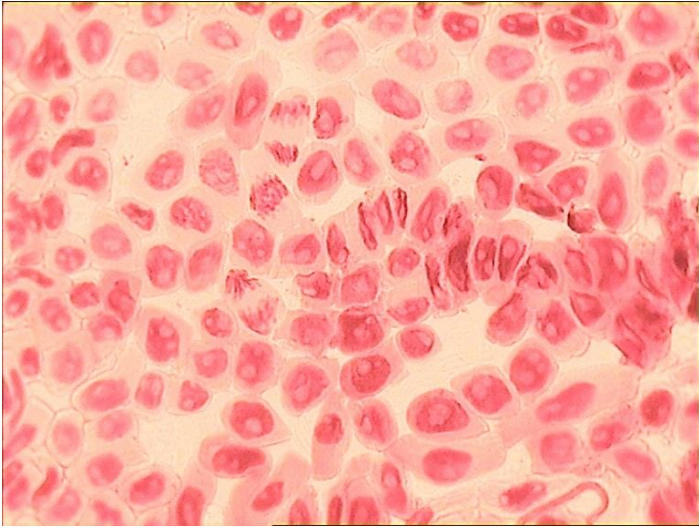


6

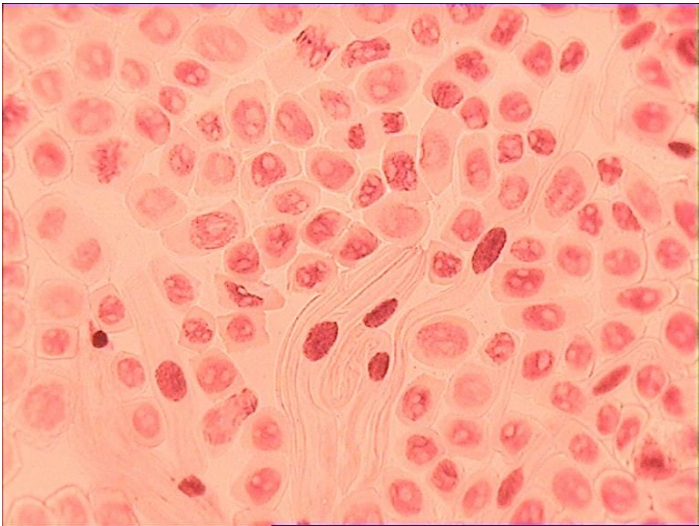


7

8



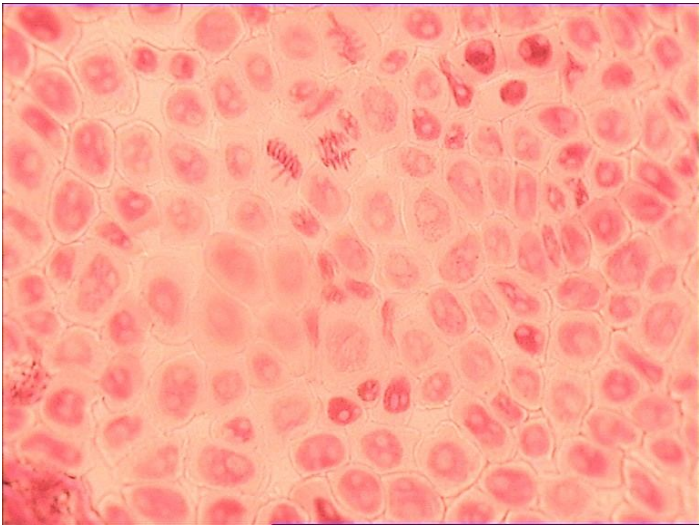
9



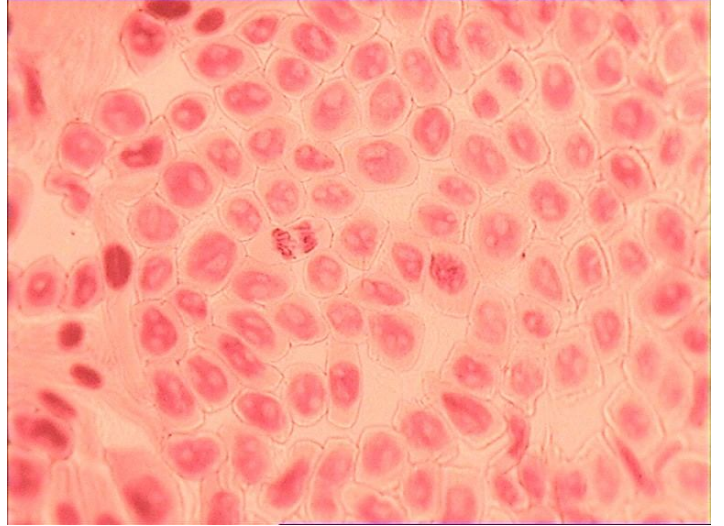
Preparació b

1

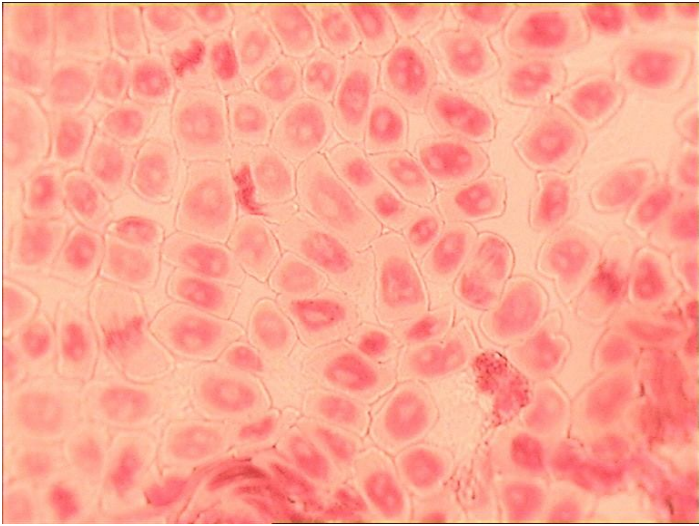
2



3



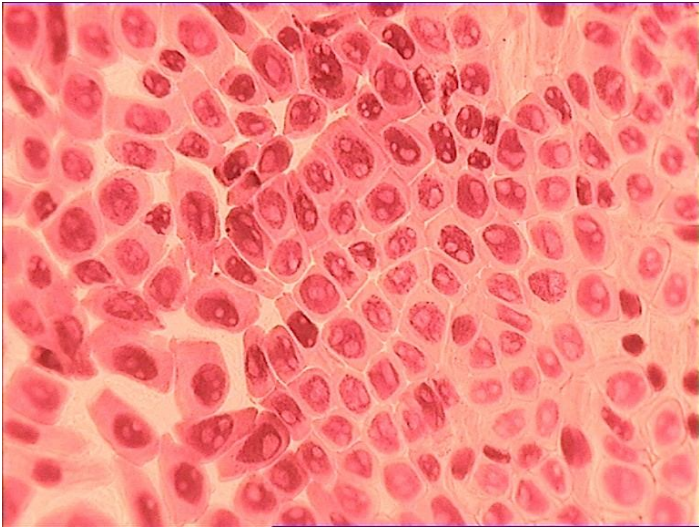
4



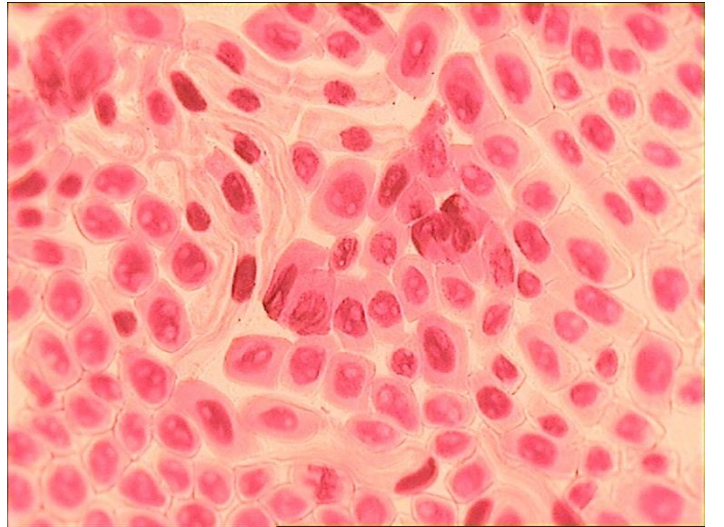
5



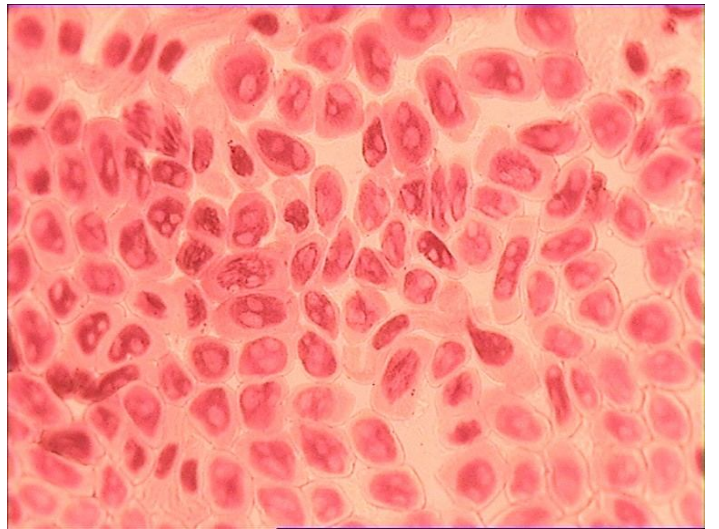
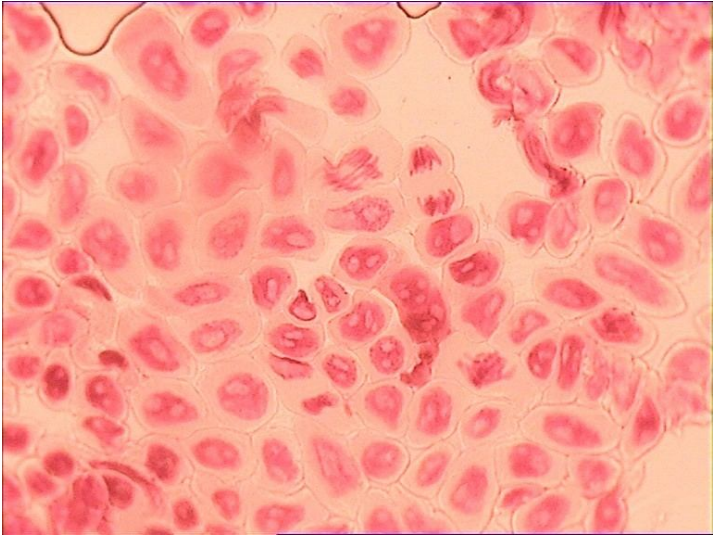
6



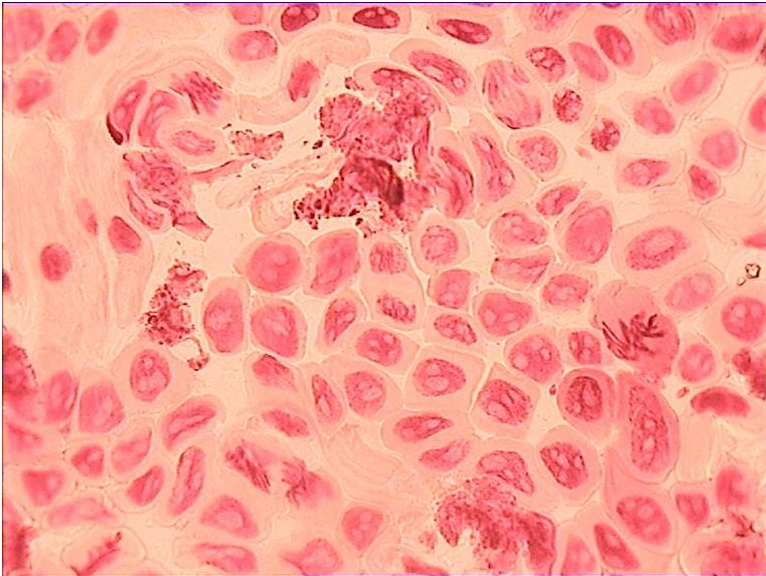
7



8



9

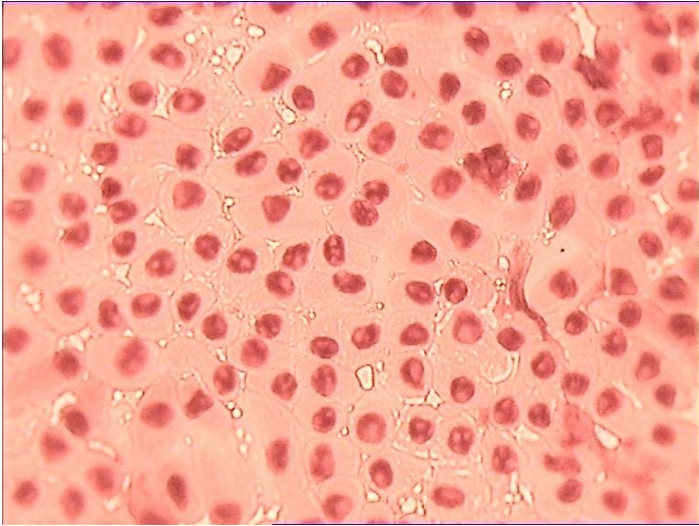


**250mg/L**

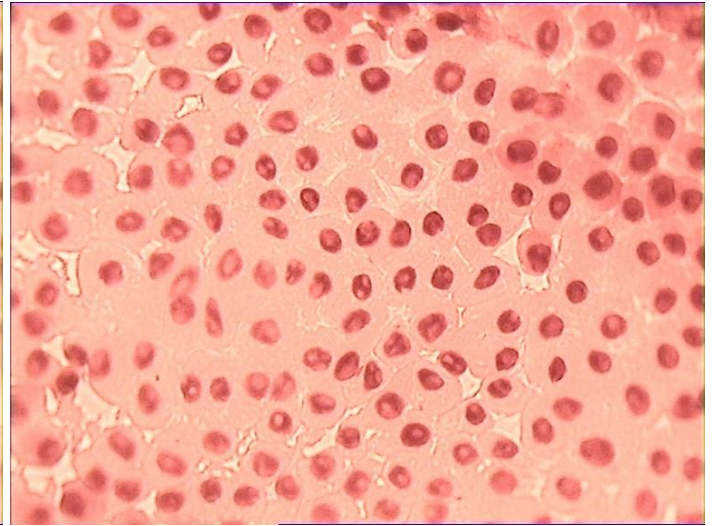
Preparació a

1

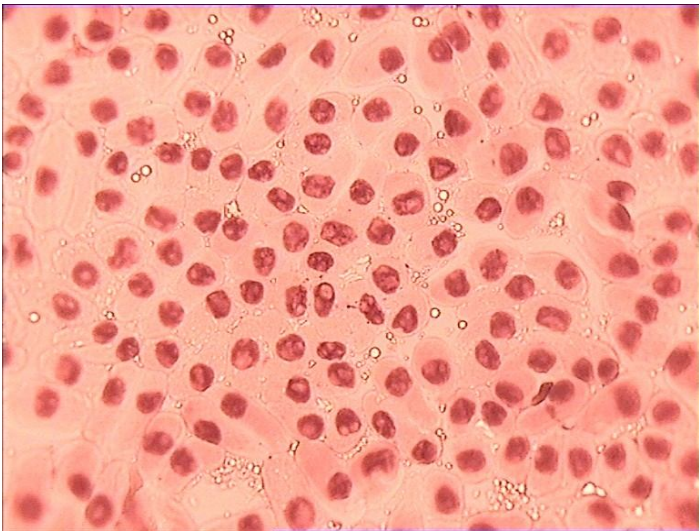
2



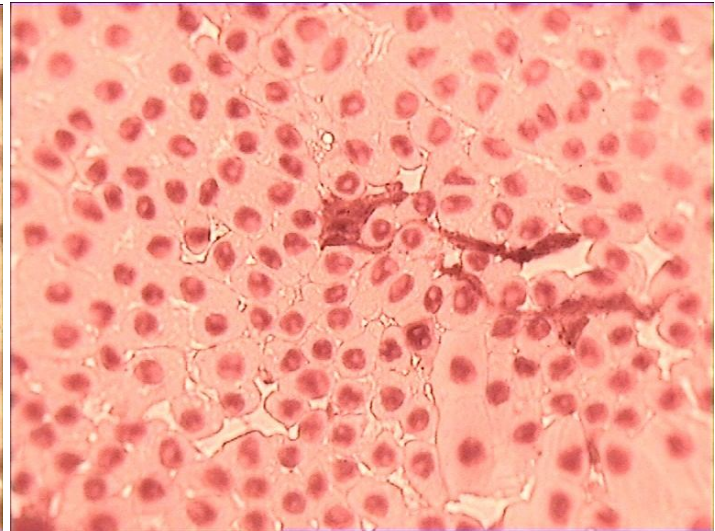
3



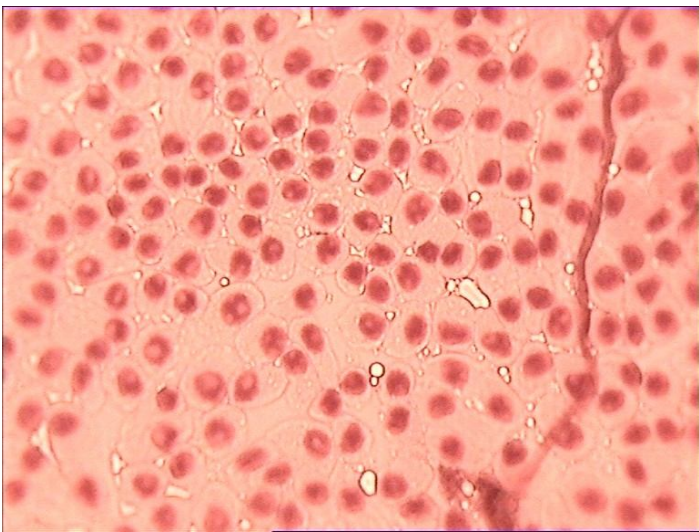
4



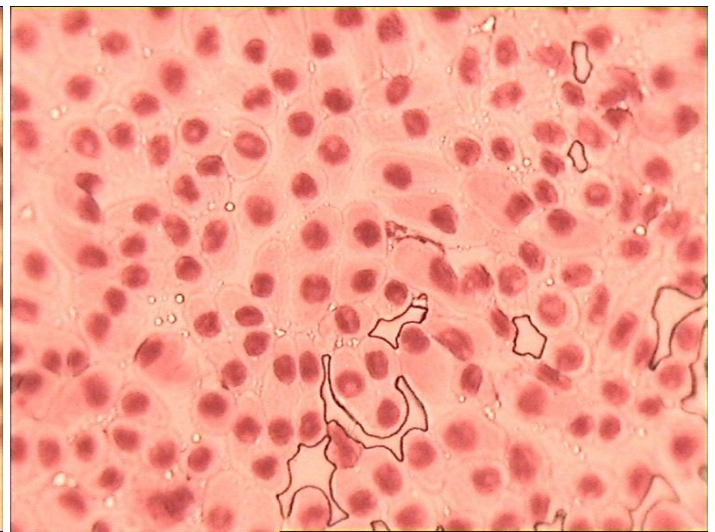
5

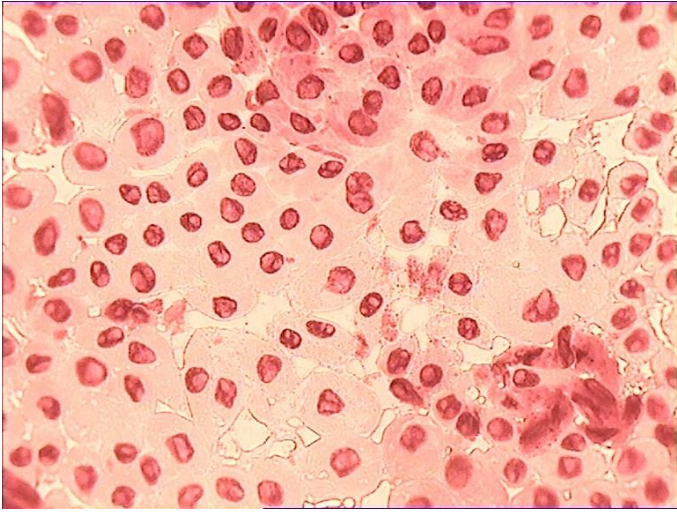


6

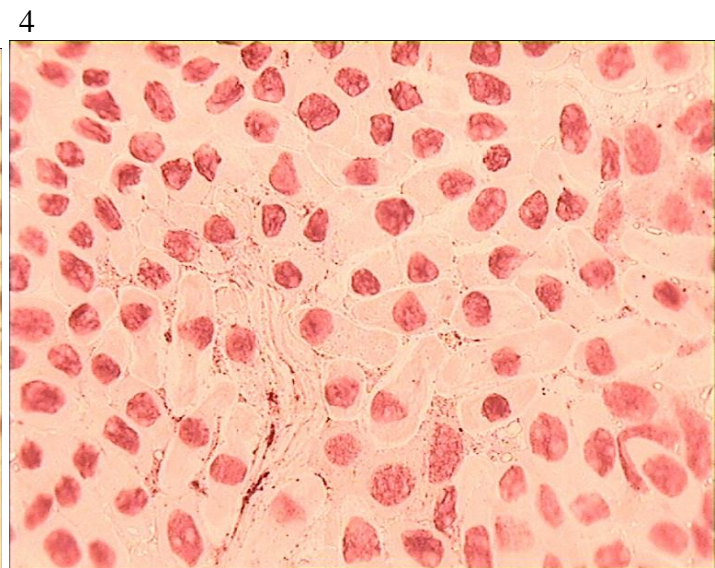
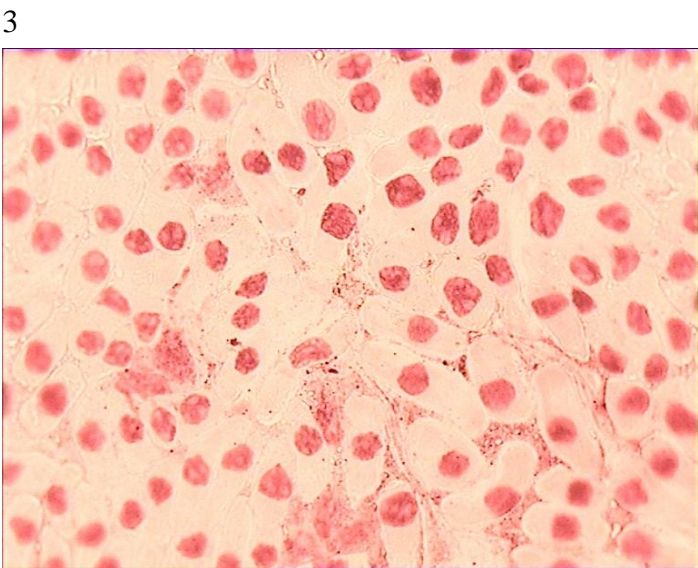
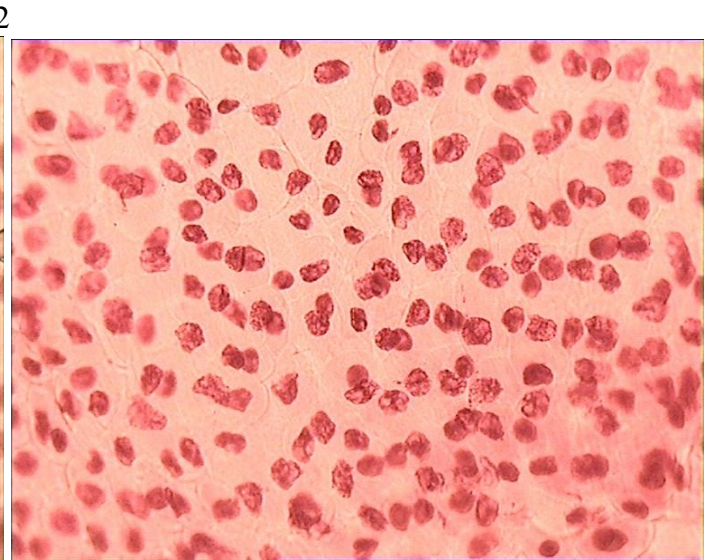
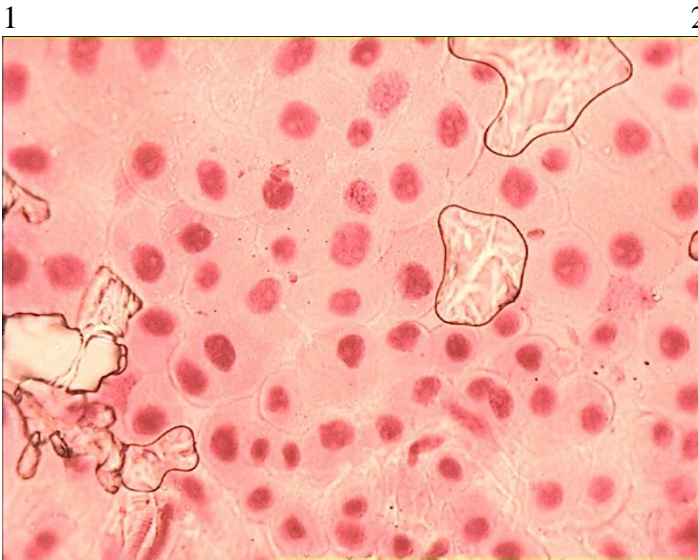


7

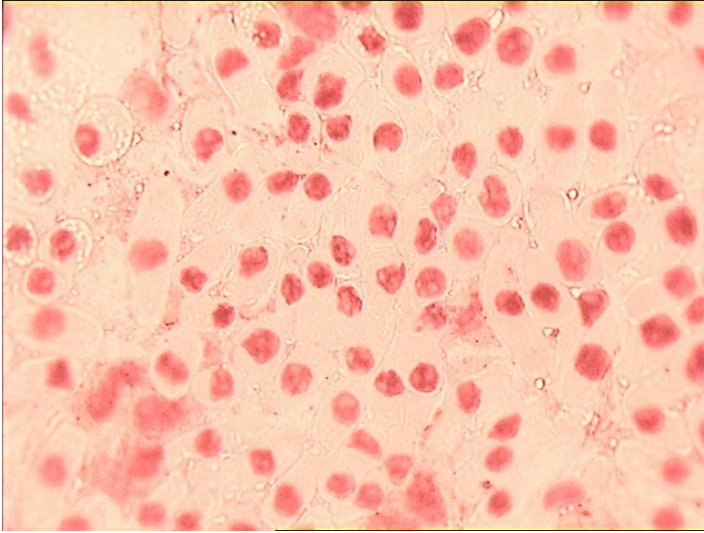




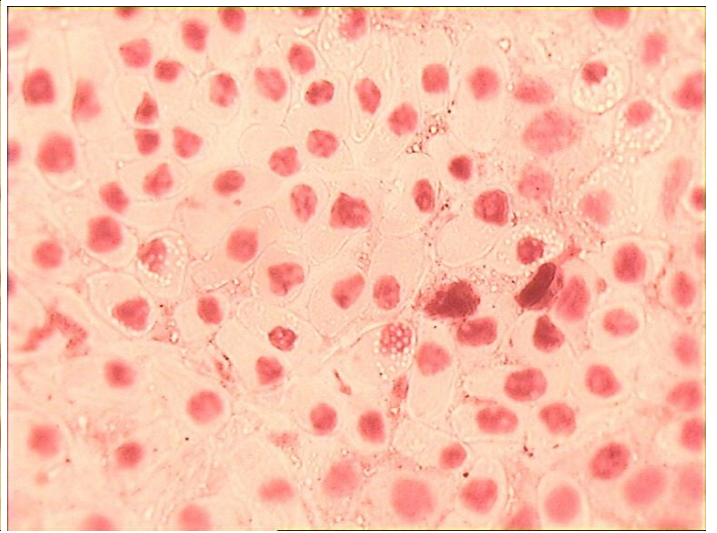
Preparació b



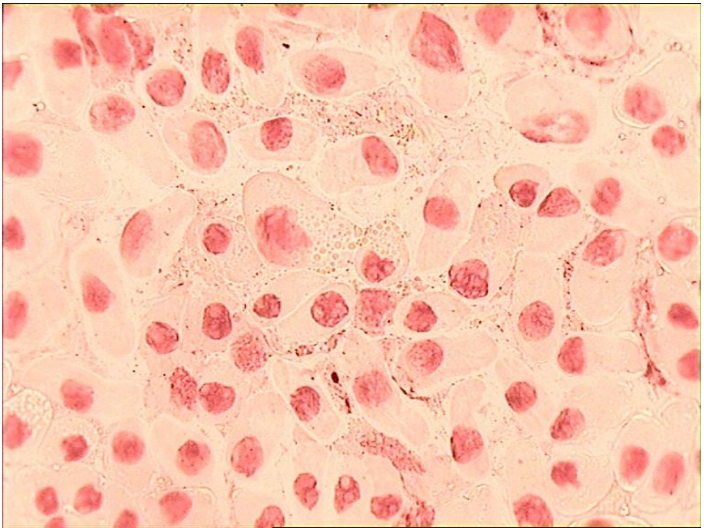
5



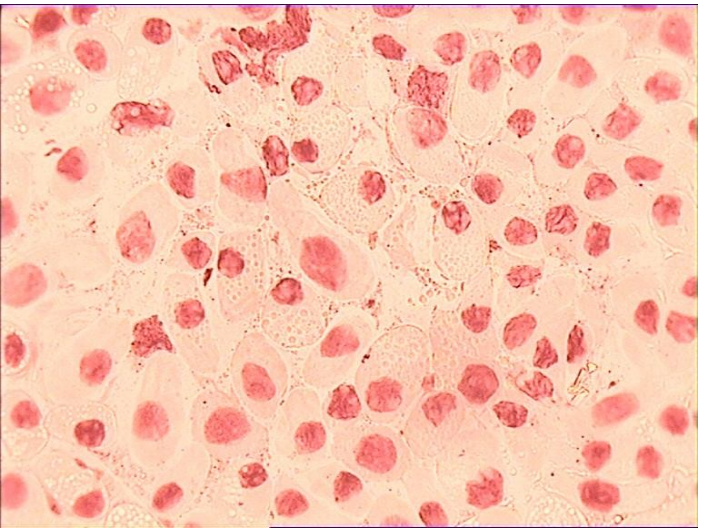
6



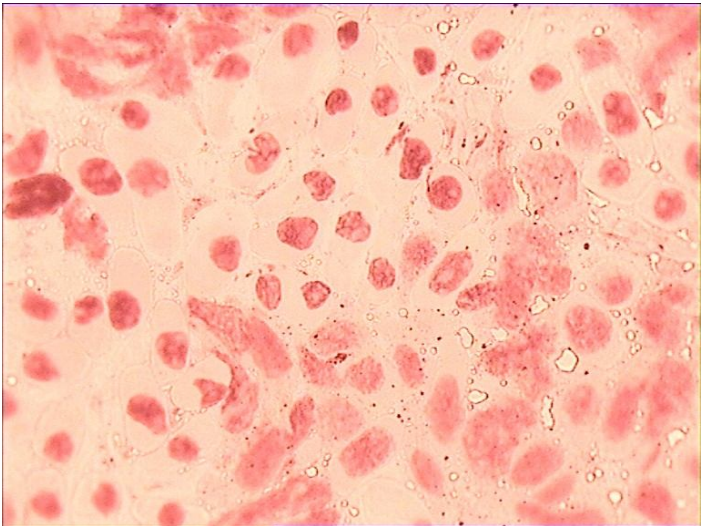
7



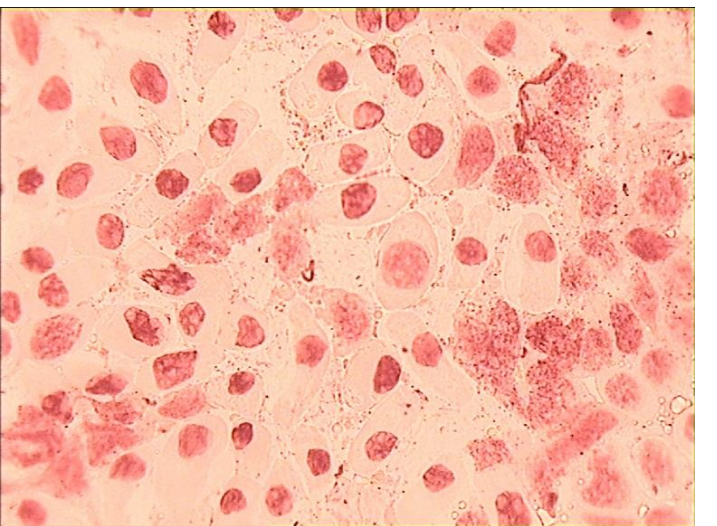
8



9



10

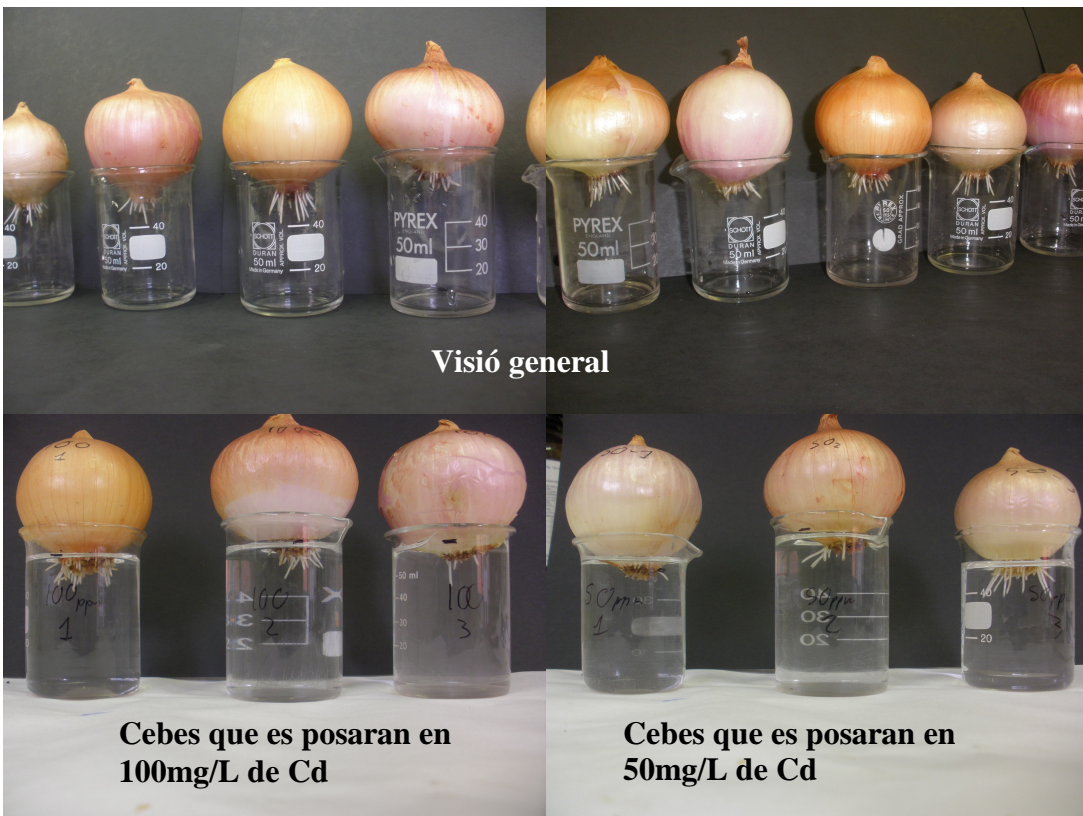


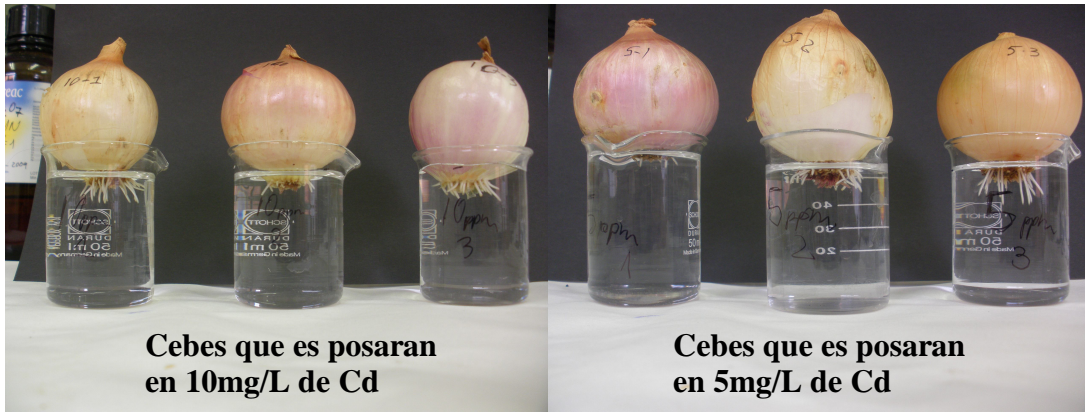
### 3. Fotografies del laboratori

Cebes al ser posades en aigua i a la incubadora

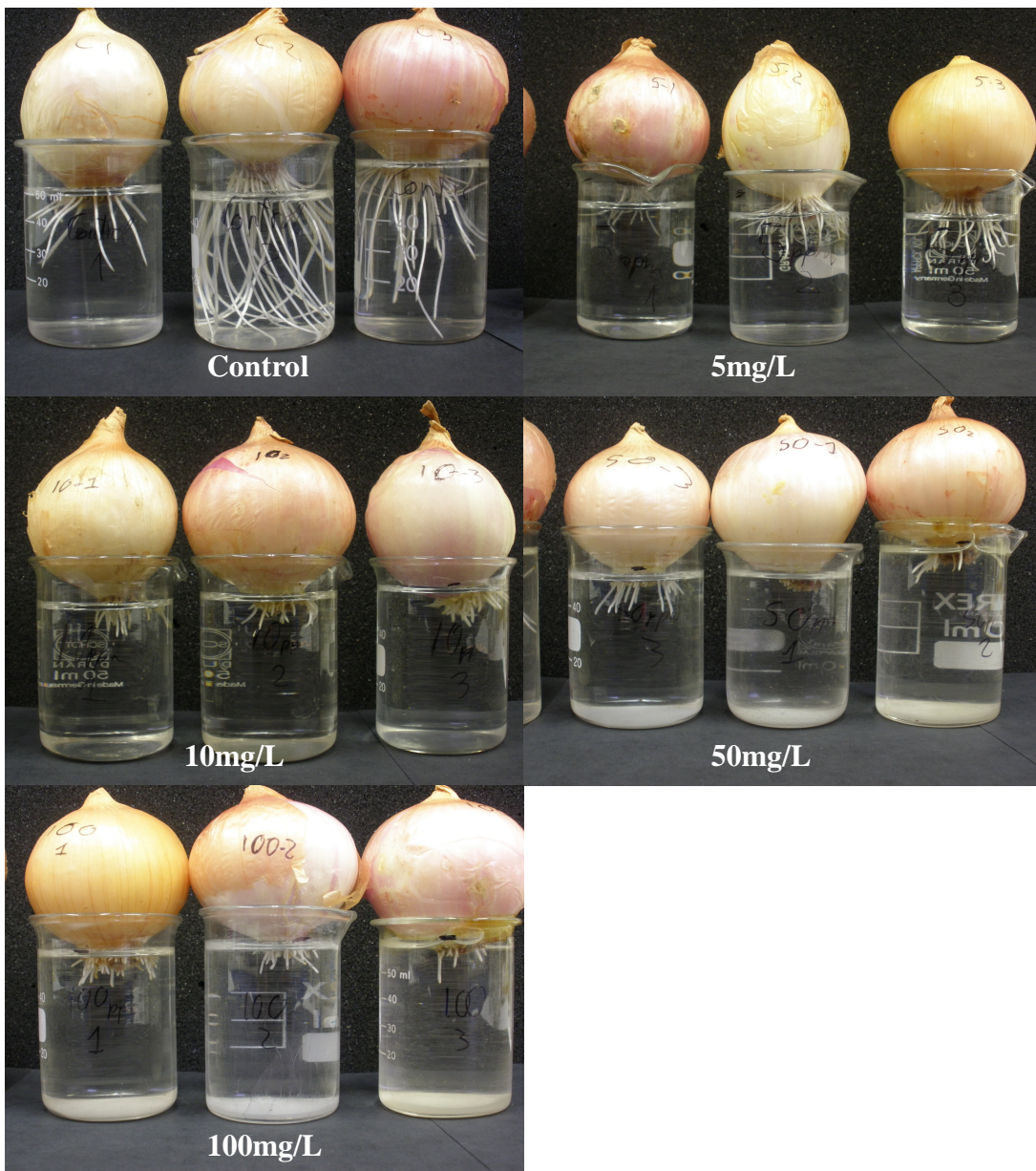


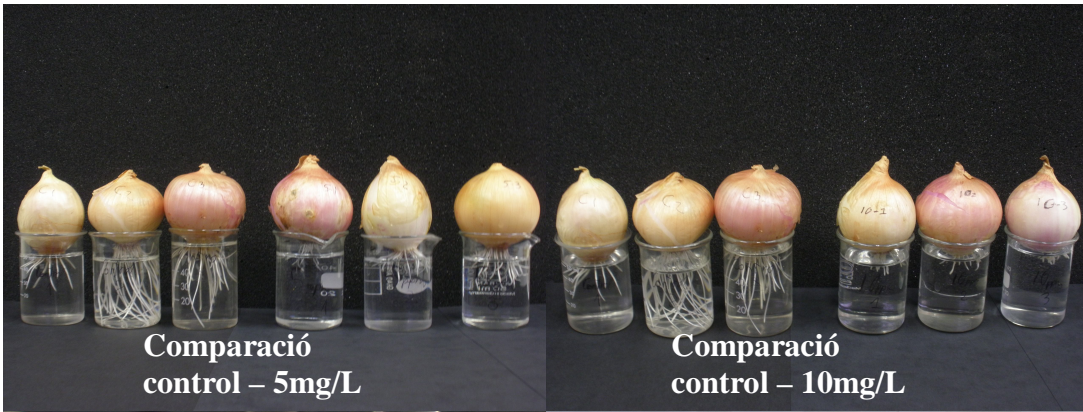
Cebes 24h després d'haver estat posades en aigua per a que cresquessin les arrels inicials i acabades de posar en contacte amb el cadmi.





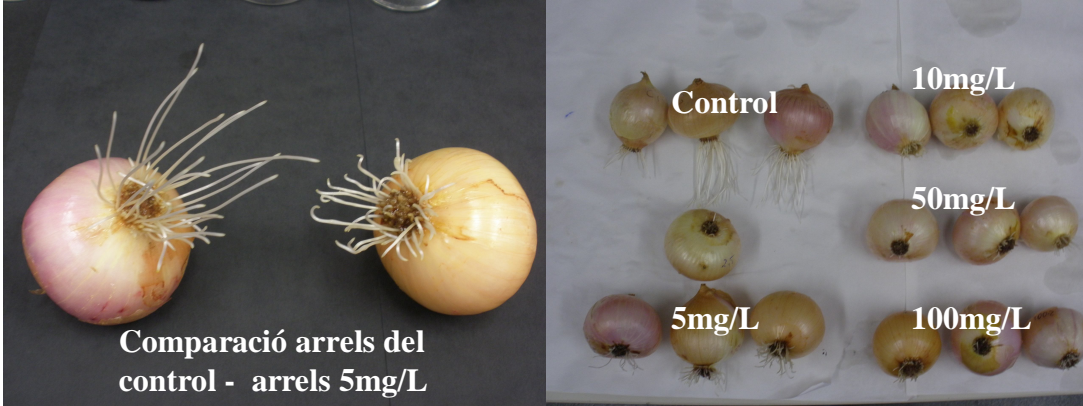
Cebes als dos dies d'estar en contacte amb diverses concentracions de cadmi.





Comparació control - 5mg/L

Comparació control - 10mg/L



Comparació arrels del control - arrels 5mg/L

Control

10mg/L

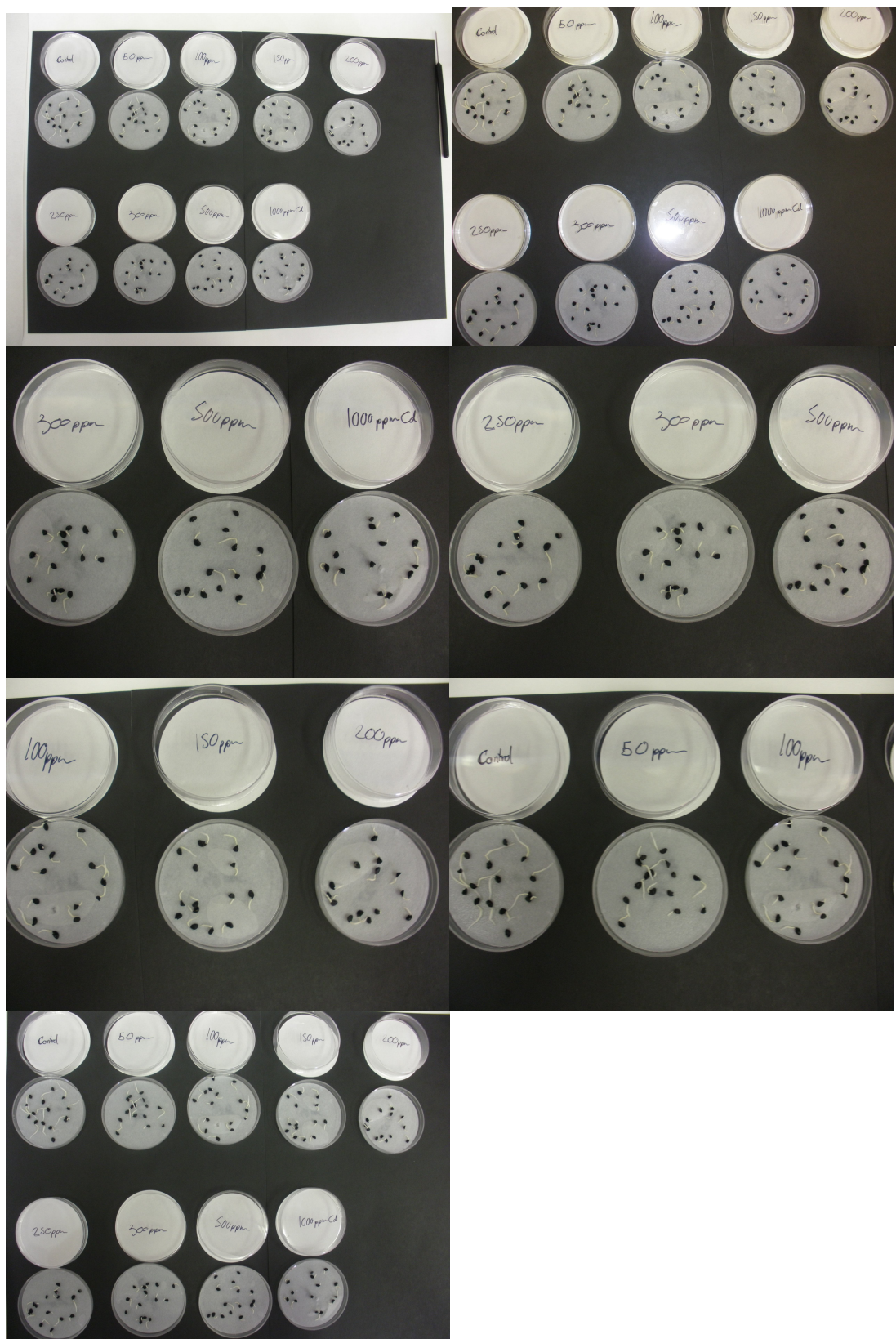
50mg/L

5mg/L

100mg/L

Imatges de les llavors en plaques de Petri amb les concentracions de Cd indicades

Llavors en aigua destil·lada i diverses concentracions de cadmi.



Llavors amb aigua mineral i diverses concentracions de cadmi.



## 4. Correu

Assumpte: Treball de Recerca

08/07/2010

De: Adriana Franco  
Para mbarberi77@hotmail.com

Mercè:

Vaig ficar les cebes en aigua fa una mica més d'una setmana però no m'ha sortit cap arrel, suposo que deu ser algun problema amb les cebes així que he posat avui unes noves de diferents, però ja no sé si soc a temps de practicar al laboratori, fins quan podries, tu? A part d'això també he començat a fer treball bibliogràfic, però no se m'acuden gaires coses per posar. Sé que he de posar la bibliografia del mètode, per exemple, i hauria d'explicar una mica de què va la mitosi i les variacions que sofreix per l'efecte de la substància, no? No se que més ficar-hi, ja que la part principal és l'experiment i les seves conclusions. He fet un índex per a guiar-me una mica. Ara no te'l puc enviar, doncs el tinc a l'ordinador d'un altre lloc, però de seguida que el tingui a mà te l'enviaré a veure què et sembla. També m'estic mirant diferents substàncies i els seus efectes per a triar-ne per a l'experiment.

Gràcies,

Adriana Franco

Assumpte: RE: Treball de Recerca

13/07/2010

De: Mercè Barberillo  
Para adrifranmar@hotmail.com, Mercè Barberillo

Hola Adriana,

Això de fer créixer les arrels de les cebes de vegades costa força. Alguna vegada m'he trobat que em triguen 15 dies ben bé. Així és que no les llencis, ves-les deixant en aigua (que la toqui lleugerament tal com t'indicava el dibuix que et vaig donar) i paciència.

Fins a la tercera setmana de juliol podriem anar a l'institut, setmana del 19 al 23, més tard no perquè tanquen el centre.

Us enviaré un correu a les tres persones que us duc el TR però a tru ja t'ho indico ara també: per finals de juliol vull que m'envieu el guió (que tu dius que ja tens més o menys fet). En aquest guió hi han de sortir els apartats que us indiquen les instruccions que s'us van donar.

Fes servir notació numèrica.

Possibles coses a incloure en el treball:

1. Les mutacions

1.1 Causes.

1.1.1 Agents mutagènics químics

1.1.2 Distribució d'aquests agents (seria qüestió de dir si es troben a l'ambient de forma espontània, si s'hi troben com a conseqüència de l'activitat humana, en quins àmbits (de treball, aire, ciutats,...) es poden trobar.

2. La mitosi

3. Canvis mitòtics

3.1 Conseqüències

etc

Mercè

Assumpte: TR

13/07/2010

De Mercè Barberillo

Para Adriana Franco, marthariver12@hotmail.com, sonia806@hotmail.es

Hola noies,  
Us envio aquest correu en primer lloc per comprovar que el rebem correctament. Així doncs, em contesteu per dir-me que l'heu rebut, OK?  
En segon lloc, us vull dir que el 31 de juliol, com a màxim, m'envieu, a part d'una ressenya de la feina que heu anat fent, un **guió** del vostre TR. Aquest guió ha d'incloure els apartats que us indicaven les instruccions que s'us van donar del TR. Feu servir notació numèrica dels apartats. En aquest guió trieu ja el tipus de lletra que fareu servir (Arial,..., núm 12). En quant als títols no us compliqueu la vida, en negreta i prou. Com més ben decidits i acotats tingueu tots els detalls des del principi, menys feina pel final.  
Ja us començo a indicar que el TR no podrà passar de **50 pàgines!** Tots els correus que m'envieu i els que us envii jo cal que els arxiveu en un document que digui: **Correu**. Cal que ja des del primer dia obriu aquest DOC i l'aneu actualitzant. Per vosaltres, Marta i Sònia, aquest és el primer correu a arxivar ja (i la resposta que em feu...) Per l'Adriana aquest serà el segon. Aquest document l'hauré d'adjuntar en l'Annex del TR. Bé, espero les vostres notícies, bona feina i bones vacances!

Mercè

Assumpte: RE: TR

13/07/2010

De Adriana Franco

Para mbarberi77@hotmail.com

Hola Mercè:

He rebut els correus que has enviat, ja els he guardat junt amb el que et vaig enviar.

A les cebes que he posat encara no els hi ha sortit quasi cap arrel, excepte a una. La que té arrels és una ceba vella i grillada, a diferecncia de les altres que són bastant noves. Aquesta ja té uns dos centímetres d'arrels i ara buscaré alguna ceba més que estigui vella per posar-la en aigua.

Amb aquella ceba i aguna més si en trobo ja hi hauria prou per practicar tot el que és el mètode i això no? Per allà la setmana que ve podríem anar al laboratori.

Hi ha una altra cosa que m'agradaria saber, podria un cop a l'institut consultar algun treball de recerca d'experimentals anterior? M'agradaria veure la forma final del treballi com l'hauria d'estructurar i tot això.

Mentrestant continuaré treballant amb el guió i buscant informació ja que tinc més idea del que he de buscar.

Bon estiu

Adriana

Assumpte: TR fer preparacions

19/07/2010

De Mercè Barberillo  
Para Adriana Franco, Mercè Barberillo

Hola Adriana,

Fins avui no t'he pogut contestar perquè estava pendent de lligar una sèrie d'horaris de coses que haig de fer.

En resum, el dia que ens podriem trobar a l'IES és el dijous 22, ens podriem reservar de 9 a 13h per anar al laboratori, fer fotos amb el Motic si surten bé les preparacions,... Porta un USB per copiar-te les fotos que fem, d'acord?

Porta el màxim de cebes amb arrels, ben protegides amb el mateix got perquè no se't trenquin pel camí. Porta també el guió de pràctiques que et vaig donar.

Ja t'he preparat algun TR perquè vegis com ho enfoquem.

Confirma'm que pots venir el dijous, si us plau.

Mercè

Assumpte: Pràctica TR

20/07/2010

De Adriana Franco  
Para mbarberi77@hotmail.com

Hola Mercè,

el dijous em va bé per anar a l'institut.

Amb les cebes estic tenint alguns problemes, segurament perquè fa massa calor, moltes se'm podreixen i a la que li havien sortit arrels se li han fet malbé les puntes. Fa poc en vaig posar unes en un lloc més fresc i he aconseguit que l'hi surtin a una i que la del les puntes fetes malbé es recuperi una mica.

Com que amb les cebes he tingut problemes, he posat en aigua porros i unes llavors per a que germinin a veure si hi ha més sort. Com que la pràctica no serà la definitiva, sinó una per aprendre a manipular, funcionaran arrels que no siguin de ceba, no?

Adriana

Assumpte: TR

31/07/2010

De Adriana Franco  
Para mbarberi77@hotmail.com

2 datos adjuntos (total 113,0 KB)



ÍndexTR.doc  
(28,0 KB)



article m...pdf  
(85,0 KB)

Hola Mercè:

T'envio el guió provisional del treball per a que te'l miris. D'aquest guió tinc la majoria d'informació bibliogràfica ja emmagatzemada. Tinc diversos articles, pàgines web i llibres i ara estic començant a juntar i arreglar la informació en un document comú. Cal dir que aquest mes no he estat a Barcelona, Aixà que he tingut un accés a internet i altres fonts bastant limitat.

En quant a les substàncies, he pensat d'agafar-ne un parell i fer-ne diverses concentracions i així, a part d'analitzar només amb les observacions pel microscopi i l'índex mitòtic podria relacionar aquests efectes amb les concentracions i fer alguna gràfica que relacionés la llargada de les arrels amb la concentració de la substància. Ho he vist en alguns articles i m'ha semblat que amb això el treball pot donar una mica més de si. Les substàncies encara no les tinc molt clares, he pensat de fer servir algun metall pesant com el crom o el coure o alguna substància coneguda com a alteradora de la mitosi o que es trobin en medicaments, com la colxina. Ho estic mirant encara

Per a les arrels també he estat pensant en fer servir les de llavors germinades (com les que vaig portar, que eren llavors de ceba) ja que m'ha semblat que presentaven menys variabilitat i que germinaven més fàcilment que no les cebes, amb les que vaig tenir problemes, segurament per la calor, i que si es repeteixen al setembre faran que els resultats no siguin del tot fiables. A principis de setembre faré una preparació i comprovaré si funcionen igual que les arrels normals.

T'adjunto també un article que he trobat que m'ha donat una idea de que fer amb la part experimental, a veure que et sembla.

Adriana

Assumpte: TR Rev 100910                      10/09/2010

De Mercè Barberillo

Para Adriana Franco, Mercè Barberillo

Hola Adriana,

T'envio el guió i un comentari sobre l'article. Espero que et sigui d'utilitat.

En quant al guió veuràs que hi ha propostes de canvis en **vermell**.

El que tu després canviis o afegixis ho fas en **blau**.

Ja pots començar a enviar-me apartats més o menys complerts, en **negre**, perquè te'ls pugui anar corregint.

Cal que et decideixis, si ja no ho has fet, sobretot que vols experimentar concretament. No es pot demorar més. Pensa que serà una part molt lenta i llarga...

Au, espero que vagis treballant i ànim!

Mercè

## TR apartat 3.1 Mitosi

29/09/2010

Adriana Franco

Para mbarberi77@hotmail.com

1 dato adjunto (873,0 KB)



Mitosis.doc  
(873,0 KB)

T'envio l'apartat de la mitosi. Hi han coses de les quals encara no estic gaire convençuda, més que res en quan a la disposició, com ara que les primeres pàgines es veuen molt atapeïdes. A veure que et sembla

Adriana

- ## TR Adriana 11010

01/10/2010

Mercè Barberillo

Para Adriana Franco, Mercè Barberillo

1 dato adjunto (876,5 KB)



Mitosis29...doc  
(876,5 KB)

Hola Adriana,  
T'envio el DOC amb els comentaris. Els DOCs que m'enviis procura no posar-hi les il·lustracions perquè pesen molt. Ja les hi posaràs quan facis el TR imprès per Nadal. Ara, però, m'ha anat bé per veure que n'has de triar sense centríols...ho sento.  
Bon cap de setmana!  
Mercè

- ## TR, fotografies pràctica

15/10/2010

Adriana Franco

Para mbarberi77@hotmail.com

2 datos adjuntos (total 6,6 MB)



arrel ceb...xls  
(29,5 KB)



Fotos res...doc  
(6,6 MB)

Mercè:

T'envio un word amb unes quantes fotos de les cebes on es veu el creixement de les arrels amb les diferents concentracions de Cd amb algun comentari per aclarir.

També t'envio un excel on estan les mesures de les arrels de llavors amb Cd, les arrels de bulb amb Cd i les llavors en aigua Viladrau. Veuràs que només hi ha dues concentracions de Cd amb les llavors i l'aigua Viladrau. Aquesta setmana tornaré a posar llavors amb aigua viladrau i amb totes les dosis, ja que han sortit moltes llavors que no han germinat.

A l'excel a més de les mesures hi ha les gràfiques de barres amb les mitjanes.

Em sap greu carregar-te el correu, ja que les fotos són bastant grosses. Aquestes són alguns exemples, les fotos meves i del laboratori ja te les ensenyaré quan vulguis perquè pesen molt per enviar-les.

Ara t'enviaré en un segon correu l'apartat 4 i fotos del Motic amb Cd.

Adriana

- TR fotos Motic i apartat 4

15/10/2010

Adriana Franco  
Para mbarberi77@hotmail.com

2 datos adjuntos (total 1099,0 KB)



Apartat 4...doc  
(397,0 KB)



Imatges m...doc  
(702,0 KB)

Mercè:

Aquí tens l'apartat 4. Veuras que hi han les fotos posades, tot i que ja sé que s'han de posar al final. Però es per a que sigui més fàcil d'entendre el text i després comparar quan vegis les fotos del Motic que vaig treure dijous passat. Les referències de les fotos i la bibliografia ja les posaré en el document definitiu, les tinc controlades.

les fotos del Motic que veuràs són preparacions fetes amb arrel de bulb, aigua viladrau i 5 ppm de Cd. De moment són les úniques que he pogut fer de mostra contaminada. Aquests dies seguiré fent preparacions per dimarts que ve.

T'he indicat amb uns cercles blaus les cèl·lules anòmales amb algun suggeriment del que em sembla que podria ser basantme en l'apartat que t'he enviat, m'aniria bé saber que en penses.

Gràcies per tot, ens veiem dilluns,

Adriana

- **TR apartats**

01/11/2010

**Adriana Franco**

Para mbarberi77@hotmail.com

2 datos adjuntos (total 73,0 KB)



Mitosis\_c...doc  
(39,0 KB)



Mutacions...doc  
(34,0 KB)

Mercè:

t'envio un apartat nou, el de les mutacions i el de la mitosi corregit.

Gràcies,

Adriana

- **RE: TR, fotografies pràctica**

02/11/2010

**Mercè Barberillo**

Para Adriana Franco

2 datos adjuntos (total 6,6 MB)



arrel ceb...xls  
(46,0 KB)



Fotos res...doc  
(6,6 MB)

Adriana,

En l'excel només hi ha les mesures de les arrels de llavors, enlloc m'indiques les que són de bulb (si és que hi són) i tampoc queda clar què és només amb aigua de Viladrau. Què és el control 1? I què és el d0?

Bé, t'envio aquests dos DOCs amb comentaris.

Mercè

- **TR fotos i mesures**

02/11/2010

Adriana Franco

Para mbarberi77@hotmail.com

Mercè:

Si et fixes, en l'excel que t'he enviat hi ha a sota diverses pestanyes, a cada pestanya hi ha les mesures de les diferents arrels (la mateixa pestanya ja porta el nom). La "d0" és el control, "dosi 0 ppm". El control 1 és un altre control que vaig fer, però va haver-hi problemes (hi van apareixer floridures) i no l'he pres en compte per a fer les gràfiques.

Les fotos te les ensenyaré quan vulguis, i avui no he vingut per que totes les fotos ja estan fetes i estic fent encara comptatges (que per ara em surten bastant coherents), em sembla que et vaig comentar que havia acabat amb les fotos, si no, disculpes.

Ara em posaré a arreglar l'excel i te n'enviaré un nou.

Gràcies,

Adriana

- **RE: TR fotos Motic i apartat 4**

02/11/2010

\_Mercè Barberillo

Para Adriana Franco

2 datos adjuntos (total 1105,0 KB)



Apartat 4...doc  
(399,0 KB)



Imatges m...doc  
(706,0 KB)

Semblen resultats interessants. T'ho reenvio amb comentaris.

Mercè

## TR Adriana

03/11/2010

Mercè Barberillo

Para Adriana Franco, Mercè Barberillo

Bé, Adriana, ja he vist els tres fulls excel.

T'ho retorno amb comentaris.

Per internet pots buscar **Microscopi Mòtic**, hi ha una pàgina d'un tal Boada que et pot ser útil per tenir-ho com a referència per la seva descripció al teu TR.

Demà et donaré una còpia d'una pràctica sobre mitosi amb mòtic, on s'han mirat l'acció de la cafeïna i colchicina. Pot servir-te potser.

Mercè

- ## TR Adriana

03/11/2010

Mercè Barberillo

Para Adriana Franco, Mercè Barberillo

2 datos adjuntos (total 79,0 KB)



Mutacions...doc

(39,0 KB)



Mitosi ve...doc

(40,0 KB)

T'envio els dos DOCs revisats.

Mercè

- ## RE: TR fotos i mesures

03/11/2010

Mercè Barberillo

Para Adriana Franco, Mercè Barberillo

Quin control és el control 1? Explica't...

Mercè

- **Apartats TR**

08/11/2010

**Adriana Franco**

Para mbarberi77@hotmail.com

1 dato adjunto (38,0 KB)



Mutacions...doc  
(38,0 KB)

Mercè, t'envio l'apartat de les mutacions, on he afegit informació sobre el cadmi (on es troba, que provoca etc), a veure que et sembla.

Adriana

- **Apartats TR**

14/11/2010

**Adriana Franco**

Para mbarberi77@hotmail.com

2 datos adjuntos (total 71,0 KB)



Material.doc  
(33,0 KB)



Mitosi ve...doc  
(38,0 KB)

Mercè, t'envio dos apartats, el de la mitosi corregit i el de materials.  
He acabat de comptar cèl·lules, però encara em queda fer els índexs mitòtics, posar-ho en taules i, en general, arreglar-ho tot una mica. Quan pugui t'ho enviaré.  
Adriana

- **TR Adriana**

17/11/2010

**Mercè Barberillo**

Para Adriana Franco, Mercè Barberillo

3 datos adjuntos (total 115,5 KB)



Material ...doc  
(35,5 KB)



Mitosi ve...doc  
(39,5 KB)



Mutacion0...doc  
(40,5 KB)

Hola, et retorno els DOCs revisats.

Mercè

- **TR mesures i índexs**

21/11/2010

Adriana Franco

Para mbarberi77@hotmail.com

2 datos adjuntos (total 76,0 KB)



arrel ceb...xls  
(42,0 KB)



Idexsmito...xls  
(34,0 KB)

Mercè:

T'envio els resultats del comptatge de les cèl·lules i l'excel de les mesures de les arrels amb la repetició d'AV i cadmi que vaig fer.

Els resultats del comptatge els he posat en forma de taula, per que és com ho he vist als articles que tinc. La taula està al primer full com a un resum i si vols veure els numeros estan als altres fulls de càlcul. Si creus que els resultats estarien més ben exposats en gràfics ho canvio, com vulguis. El dilluns aniré a la tarda a la universitat a parlar amb la tutora d'allà per comentar els resultats de creixement ara que ja tinc tots els números fets.

Igualment, a les mesures he posat les 4 gràfiques al principi i tots els numeros a altres fulls. Els títols de les gràfiques són provisionals, ja que em sembla que com que són molt llargs seria millor posar-los al peu.

En els resultats es veu una mica que els bulbs el cadmi té més efecte que les arrels. Segurament pel fet que les de bulb estan directament submergides en la dissolució mentres que les de llavor anaven cap amunt i evitaven més el contacte amb el cadmi. També sembla que l'aigua no influeix molt en els creixement, ja que els controls i l'IM són semblants. Bé, mira't-ho i ja em diràs que et sembla.

Gràcies,

Adriana

- **TR**

27/11/2010

**Adriana Franco**

Para mbarberi77@hotmail.com

1 dato adjunto (38,5 KB)



Idexsmito...xls  
(38,5 KB)

Mercè, t'envio un altre cop l'excel amb els index, aquest cop amb les preparacions que vaig fotografiar dimarts.

- **TR Adriana**

06/12/2010

**\_Mercè Barberillo**

Para Adriana Franco, Mercè Barberillo

3 datos adjuntos (total 158,5 KB)



Correu 21...doc  
(47,5 KB)



arrel ceb...xls  
(63,5 KB)



Idexsmito...xls  
(47,5 KB)

Hola!  
T'envio 2 DOCs revisats i comentaris del teu correu.

Bon cap de setmana...encara no s'ha acabat! que bé...

Mercè

- TR

07/12/2010

Adriana Franco  
Para mbarberi77@hotmail.com

1 dato adjunto (41,5 KB)



Procedime...doc  
(41,5 KB)

Mercè:  
T'envio l'apartat dels procediments, hi ha algunes notes en verd en coses que potser no m'han acabat de sortir del tot.

Quan vaig anar a la UB vam parlar de varies coses:

Els números estan bastant correctes al que es podria esperar, però, si t'hi fixes, les últimes mesures d'arrels de llavor es veu que el creixement de les arrels va augmentant a mesura que s'hi afegeix cadmi, fins a una certa concentració on baixa de cop. Pel que em van dir això no és del tot estrany, es un fenomen conegut com a hormesi, en que un organsime per defensar-se d'algun tòxic queda estimulat quan està en proporcions baixes. Quan la concentració de tòxic és més alta el creixement ja queda inhibit. Aquest fenomen l'incloc també en els resultats, no?

També hem comentat sobre dir aigua mineral enlloc d'aigua viladrau, ja que potser no queda molt bé anar repetint marques en un treball. per això he pensat d'especificar que l'aigua mineral és Viladrau en materials i després ja referirme a aquesta com a aigua mineral.

I sobre les unitats, durant tot el treball m'hi refereixo com a mg/L, però m'han dit que és més correcte, ja que està en el SI, dir  $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$   
ho canvio tot?

Sobre els resultats, com que els tinc junts en una taula i quatre grafiques, he pensat d'exposar-los en general a resultats i a l'anàlisi de resultats anar fent subapartats tractant cada variable en cadascun d'ells (p.e: 1- efectes de l'aigua destil·lada i l'aigua viladrau, 2- diferències entre llavors i bulbs etc) i fent una conclusió en cadascun d'aquests apartats. Ja em diràs que et sembla.

Gràcies,

Adriana

- **TR Adriana**

08/12/2010

**Mercè Barberillo**

Para Adriana Franco, Mercè Barberillo

2 datos adjuntos (total 81,5 KB)



Procedime...doc  
(46,0 KB)



Correu 71...doc  
(35,5 KB)

T'adjunto dos arxius. Fins demà.

Mercè

## **TR**

11/12/2010

Adriana Franco

Per a: Mercè Barberillo

Mercè:

T'envio corregit l'apartat dels procediments i el de resultats. Les anàlisis encara les estic fent. En quan als papers, tinc la carta d'acceptació de la tutora d'allà. A la meva mare li agradaria posar-se en contacte amb tu per parlar d'això, et va bé que truqui a l'institut en alguna hora que no tinguis classe o millor per correu? Ja em diràs.

Adriana

## **RE:TR**

12/12/2010

De Mercè Barberillo

Per a: Adriana Franco

Adriana,

La teva mare, si li va bé, em podria trucar el dimarts a l'hora del pati, per allà les 11:25 que jo hagi tingut temps d'arribar al Dep. Tu, mentrestant, em fas, com et deia, una còpia dels papers que tinguis.

T'envio els dos Docs revisats.

• TR

14/12/2010

\_Adriana Franco

Para mbarberi77@hotmail.com

1 dato adjunto (1826,5 KB)



Resultats...doc  
(1826,5 KB)

Mercè,

l'altre dia en vaig enviar un document amb els resultats. Te'l torno a enviar, ja que hi he afegit fotografies de cèl·lules i alguna cosa més. Si creus que caldria posar alguna cosa més en els resultats m'ho dius.

En quant als anàlisis, estic una mica encallada, ja que tot i que vaig fent per variables, com t'havia dit, em sembla que em queda massa poca cosa. Si se t'acut alguna cosa t'ho agrairia. Una altra cosa que no tinc clara és l'enfocament del treball. Hem vas dir sobre enfocar-ho cap al tabac i els fumadors, però he estat buscant i les concentracions de cadmi que hi ha als pulmons són molt més petites que les que he fet servir jo.

Més coses, sobre els objectius. Tinc a l'índex els objectius que vam dir fa temps (comprovar efectes microscòpics i macroscòpics del cadmi i establir el tipus d'arrels més idonis). Aquests objectius els tinc abans dels procediments, com si fóssin part de la part experimental. Llavors, hauria de deixar-los aquí com si fós part de la part pràctica (amb el problema, la hipotesis, la deducció... perquè tot això s'ha de posar, no?) i poso uns objectius semblants a la introducció o els de la introducció ja serien més generals?

Bé, ja em diràs. Gràcies,

Adriana

• TR

17/12/2010

\_Adriana Franco

Para mbarberi77@hotmail.com

1 dato adjunto (39,5 KB)



Anàlisi d...doc  
(39,5 KB)

Mercè, t'envio l'apartat d'anàlisi dels resultats. He tingut algun problema amb l'excel i em falta posar una gràfica i comentar-la. Aquesta gràfica és una corba de creixement de les arrels de llavors i és molt semblant a la corba de creixement dels bulbs. Com que si fa no fa la gràfica i els comentaris seran semblants als de la gràfica del bulb he preferit enviar-te ja els resultats perquè t'ho poguéssis mirar tot i no haguéssis d'esperar més. Aquest cap de setmana acabaré el que em falta.

Gràcies

Adriana

- TR

19/12/2010

\_Adriana Franco

Para mbarberi77@hotmail.com

Mercè, les meves disculpes.

La última vegada et vaig enviar els arxius i tot pel gmail perquè el hotmail no m'anava bé. No m'he n'he enrecordat de mirar-lo fins avui que l'he obert. Evidentment no li vaig poder dir a ma mare que et truqués. Dilluns et porto la carta que la tenia aquí, i si cas en fem una còpia. Ara estava acabant d'escriure i ho canviaré amb les correccions.

Em torno a disculpar i gràcies

Adriana

- TR

20/12/2010

\_Adriana Franco

Para mbarberi77@hotmail.com

2 datos adjuntos (total 61,5 KB)



Anàlisi d...doc  
(39,0 KB)



Introducc...doc  
(22,5 KB)

Mercè, t'envio la introducció i l'apartat de l'anàlisi dels resultats amb la gràfica que faltava afegida (t'ho he marcat en verd). D'aquí poc t'enviaré les conclusions.

En quant a l'annex, he de posar les 400 fotografies que tinc, no? Suposo que no cal que sigui una foto per pàgina (tenia pensat posar-ne unes 6-8 per pàg). Però igualment seran moltes còpies en color, ara, de moment, per dimecres, t'ho puc imprimir en blanc i negre?

Fins ara,

Adriana

- TR

20/12/2010

**Adriana Franco**

Para mbarberi77@hotmail.com

1 dato adjunto (22,0 KB)



Conclusio...doc  
(22,0 KB)

Mercè, t'envio les conclusions, no sé si posar alguna cosa més, ja m'ho diràs. Ara ja aniré a arreglar el document.

Adriana

- **TR Adriana**

20/12/2010

**Mercè Barberillo**

Para Adriana Franco, Mercè Barberillo

2 datos adjuntos (total 1865,5 KB)



Correu 15...doc  
(38,5 KB)



Resultats...doc  
(1827,0 KB)

T'envio un correu comentat i un DOC de resultats també comentat.

Mercè

- **TR Adriana**

20/12/2010

**Mercè Barberillo**

Para Adriana Franco, Mercè Barberillo

1 dato adjunto (42,0 KB)



Anàlisi+d...doc  
(42,0 KB)

Et retorno el DOC.  
Mercè

- RE: TR Adriana

20/12/2010

\_Adriana Franco  
Para mbarberi77@hotmail.com

Mercè, ara acabo de rebre el teu correu, ja he vist que hi ha coses de la introducció i ara començaré a incorporar el que m'has dit. Quan rebi la introducció acabaré d'afegir-ho.

Fins ara,  
Adriana

- RE: TR Adriana

20/12/2010

\_Adriana Franco  
Para mbarberi77@hotmail.com

Gràcies Mercè, ho he rebut i ja ho he corregit. He arreglat una mica la introducció amb allò del tabac i el que m'has dit.

Adriana

- TR Adriana

7:17

\_Mercè Barberillo  
Para Adriana Franco, Mercè Barberillo

2 datos adjuntos (total 74,0 KB)



Anàlisi+d...doc  
(47,5 KB)



Introducc...doc  
(26,5 KB)

[Descargar todo como zip](#)

T'adjunto dos DOCS.

Mercè

- TR Adriana

7:33

\_Mercè Barberillo

Para Adriana Franco, Mercè Barberillo

1 dato adjunto (26,5 KB)



Conclusio...doc  
(26,5 KB)

Et torno les conclusions...