

## **ANEXOS**

La memoria de este trabajo se acompaña de los siguientes anexos:

- Anexo A: Modelo global
- Anexo B: Análisis de Monte-Carlo



# ANEXO A

## MODELO GLOBAL





**Tabla A1.** Estequiometría de los componentes solubles

Componente i →	S <sub>A</sub>	S <sub>F</sub>	S <sub>I</sub>	S <sub>O2</sub>	S <sub>NH4</sub>	S <sub>NO2</sub>	S <sub>NO3</sub>	S <sub>N2</sub>	S <sub>PO4</sub>	S <sub>Cl</sub>	S <sub>S2-</sub>	S <sub>S0</sub>	S <sub>TS</sub>	S <sub>SO4</sub>	S <sub>CH4</sub>	S <sub>HT</sub>
	mg DQO/l	mg DQO/l	mg DQO/l	mg O <sub>2</sub> /l	mg N/l	mg N/l	mg N/l	mg N/l	mg P/l	mmol C/l	mg S/l	mg S/l	mg S/l	mg S/l	mg DQO/l	mmol H <sup>+</sup> /l
1) Hidrólisis aerobia	-	1-f <sub>SI</sub>	f <sub>SI</sub>	-	U <sub>NH4</sub> <sup>1</sup>	-	-	-	U <sub>PO4</sub> <sup>1</sup>	U <sub>Cl</sub> <sup>1</sup>	-	-	-	-	-	U <sub>HT</sub> <sup>1</sup>
2) Hidrólisis anóxica	-	1-f <sub>SI</sub>	f <sub>SI</sub>	-	U <sub>NH4</sub> <sup>2</sup>	-	-	-	U <sub>PO4</sub> <sup>2</sup>	U <sub>Cl</sub> <sup>2</sup>	-	-	-	-	-	U <sub>HT</sub> <sup>2</sup>
3) Hidrólisis anaerobia	-	1-f <sub>SI</sub>	f <sub>SI</sub>	-	U <sub>NH4</sub> <sup>3</sup>	-	-	-	U <sub>PO4</sub> <sup>3</sup>	U <sub>Cl</sub> <sup>3</sup>	-	-	-	-	-	U <sub>HT</sub> <sup>3</sup>
4) Crec. aer. X <sub>H</sub> - S <sub>A</sub>	-1/Y <sub>H</sub>	-	-	1-1/Y <sub>H</sub>	U <sub>NH4</sub> <sup>4</sup>	-	-	-	U <sub>PO4</sub> <sup>4</sup>	U <sub>Cl</sub> <sup>4</sup>	-	-	-	-	-	U <sub>HT</sub> <sup>4</sup>
5) Crec. anóx. - S <sub>NO2</sub> X <sub>H</sub> - S <sub>A</sub>	-1/Y <sub>H,NO2</sub>	-	-	-	U <sub>NH4</sub> <sup>5</sup>	28/48·(1-1/Y <sub>H,NO2</sub> )	-	-28/48·(1-1/Y <sub>H,NO2</sub> )	U <sub>PO4</sub> <sup>5</sup>	U <sub>Cl</sub> <sup>5</sup>	-	-	-	-	-	U <sub>HT</sub> <sup>5</sup>
6) Crec. anóx. - S <sub>NO3</sub> X <sub>H</sub> - S <sub>A</sub>	-1/Y <sub>H,NO3</sub>	-	-	-	U <sub>NH4</sub> <sup>6</sup>	-	28/80·(1-1/Y <sub>H,NO3</sub> )	-28/80·(1-1/Y <sub>H,NO3</sub> )	U <sub>PO4</sub> <sup>6</sup>	U <sub>Cl</sub> <sup>6</sup>	-	-	-	-	-	U <sub>HT</sub> <sup>6</sup>
7) Crec. aer. X <sub>H</sub> - S <sub>F</sub>	-	-1/Y <sub>H</sub>	-	1-1/Y <sub>H</sub>	U <sub>NH4</sub> <sup>7</sup>	-	-	-	U <sub>PO4</sub> <sup>7</sup>	U <sub>Cl</sub> <sup>7</sup>	-	-	-	-	-	U <sub>HT</sub> <sup>7</sup>
8) Crec. anóx. - S <sub>NO2</sub> X <sub>H</sub> - S <sub>F</sub>	-	-1/Y <sub>H,NO2</sub>	-	-	U <sub>NH4</sub> <sup>8</sup>	28/48·(1-1/Y <sub>H,NO2</sub> )	-	-28/48·(1-1/Y <sub>H,NO2</sub> )	U <sub>PO4</sub> <sup>8</sup>	U <sub>Cl</sub> <sup>8</sup>	-	-	-	-	-	U <sub>HT</sub> <sup>8</sup>
9) Crec. anóx. - S <sub>NO3</sub> X <sub>H</sub> - S <sub>F</sub>	-	-1/Y <sub>H,NO3</sub>	-	-	U <sub>NH4</sub> <sup>9</sup>	-	28/80·(1-1/Y <sub>H,NO3</sub> )	-28/80·(1-1/Y <sub>H,NO3</sub> )	U <sub>PO4</sub> <sup>9</sup>	U <sub>Cl</sub> <sup>9</sup>	-	-	-	-	-	U <sub>HT</sub> <sup>9</sup>
10) Lisis X <sub>H</sub>	-	-	-	-	U <sub>NH4</sub> <sup>10</sup>	-	-	-	U <sub>PO4</sub> <sup>10</sup>	U <sub>Cl</sub> <sup>10</sup>	-	-	-	-	-	U <sub>HT</sub> <sup>10</sup>
11) Crec. X <sub>AMM</sub>	-	-	-	1-48/14·1/Y <sub>AMM</sub>	-1/Y <sub>AMM</sub> -i <sub>NBM</sub>	1/Y <sub>AMM</sub>	-	-	U <sub>PO4</sub> <sup>11</sup>	U <sub>Cl</sub> <sup>11</sup>	-	-	-	-	-	U <sub>HT</sub> <sup>11</sup>
12) Lisis X <sub>AMM</sub>	-	-	-	-	U <sub>NH4</sub> <sup>12</sup>	-	-	-	U <sub>PO4</sub> <sup>12</sup>	U <sub>Cl</sub> <sup>12</sup>	-	-	-	-	-	U <sub>HT</sub> <sup>12</sup>
13) Crec. X <sub>NIT</sub>	-	-	-	1-16/14·1/Y <sub>NIT</sub>	U <sub>NH4</sub> <sup>13</sup>	-1/Y <sub>NIT</sub>	1/Y <sub>NIT</sub>	-	U <sub>PO4</sub> <sup>13</sup>	U <sub>Cl</sub> <sup>13</sup>	-	-	-	-	-	U <sub>HT</sub> <sup>13</sup>
14) Lisis X <sub>NIT</sub>	-	-	-	-	U <sub>NH4</sub> <sup>14</sup>	-	-	-	U <sub>PO4</sub> <sup>14</sup>	U <sub>Cl</sub> <sup>14</sup>	-	-	-	-	-	U <sub>HT</sub> <sup>14</sup>
15) Acum. X <sub>PHA</sub>	-1	-	-	-	U <sub>NH4</sub> <sup>15</sup>	-	-	-	Y <sub>PO4</sub>	U <sub>Cl</sub> <sup>15</sup>	-	-	-	-	-	U <sub>HT</sub> <sup>15</sup>
16) Crec. aer. X <sub>PAO</sub>	-	-	-	1-1/Y <sub>PAO</sub>	U <sub>NH4</sub> <sup>16</sup>	-	-	-	U <sub>PO4</sub> <sup>16</sup>	U <sub>Cl</sub> <sup>16</sup>	-	-	-	-	-	U <sub>HT</sub> <sup>16</sup>
17) Crec. anóx. - S <sub>NO2</sub> X <sub>PAO</sub>	-	-	-	-	U <sub>NH4</sub> <sup>17</sup>	28/48·(1-1/Y <sub>PAO,NO2</sub> )	-	-28/48·(1-1/Y <sub>PAO,NO2</sub> )	U <sub>PO4</sub> <sup>17</sup>	U <sub>Cl</sub> <sup>17</sup>	-	-	-	-	-	U <sub>HT</sub> <sup>17</sup>
18) Crec. anóx. - S <sub>NO3</sub> X <sub>PAO</sub>	-	-	-	-	U <sub>NH4</sub> <sup>18</sup>	-	28/80·(1-1/Y <sub>PAO,NO3</sub> )	-28/80·(1-1/Y <sub>PAO,NO3</sub> )	U <sub>PO4</sub> <sup>18</sup>	U <sub>Cl</sub> <sup>18</sup>	-	-	-	-	-	U <sub>HT</sub> <sup>18</sup>
19) Acum. aer. X <sub>PP</sub>	-	-	-	-Y <sub>PHA</sub>	U <sub>NH4</sub> <sup>19</sup>	-	-	-	-1	U <sub>Cl</sub> <sup>19</sup>	-	-	-	-	-	U <sub>HT</sub> <sup>19</sup>
20) Acum. anóx. - S <sub>NO2</sub> X <sub>PP</sub>	-	-	-	-	U <sub>NH4</sub> <sup>20</sup>	-28/48·Y <sub>PHA,NO2</sub>	-	28/48·Y <sub>PHA,NO2</sub>	-1	U <sub>Cl</sub> <sup>20</sup>	-	-	-	-	-	U <sub>HT</sub> <sup>20</sup>
21) Acum. anóx. - S <sub>NO3</sub> X <sub>PP</sub>	-	-	-	-	U <sub>NH4</sub> <sup>21</sup>	-	-28/80·Y <sub>PHA,NO3</sub>	-28/80·Y <sub>PHA,NO2</sub>	-1	U <sub>Cl</sub> <sup>21</sup>	-	-	-	-	-	U <sub>HT</sub> <sup>21</sup>
22) Lisis X <sub>PAO</sub>	-	-	-	-	U <sub>NH4</sub> <sup>22</sup>	-	-	-	U <sub>PO4</sub> <sup>22</sup>	U <sub>Cl</sub> <sup>22</sup>	-	-	-	-	-	U <sub>HT</sub> <sup>22</sup>
23) Lisis X <sub>PHA</sub>	1	-	-	-	U <sub>NH4</sub> <sup>23</sup>	-	-	-	U <sub>PO4</sub> <sup>23</sup>	U <sub>Cl</sub> <sup>23</sup>	-	-	-	-	-	U <sub>HT</sub> <sup>23</sup>
24) Lisis X <sub>PP</sub>	-	-	-	-	U <sub>NH4</sub> <sup>24</sup>	-	-	-	1	U <sub>Cl</sub> <sup>24</sup>	-	-	-	-	-	U <sub>HT</sub> <sup>24</sup>

Tabla A1 (continuación). Estequiometría de los componentes solubles

Componente i →	S <sub>A</sub>	S <sub>F</sub>	S <sub>I</sub>	S <sub>O2</sub>	S <sub>NH4</sub>	S <sub>NO2</sub>	S <sub>NO3</sub>	S <sub>N2</sub>	S <sub>PO4</sub>	S <sub>Cl</sub>	S <sub>S2-</sub>	S <sub>S0</sub>	S <sub>TS</sub>	S <sub>S04</sub>	S <sub>CH4</sub>	S <sub>HT</sub>
	mg DQO/l	mg DQO/l	mg DQO/l	mg O <sub>2</sub> /l	mg N/l	mg N/l	mg N/l	mg N/l	mg P/l	mmol C/l	mg S/l	mg S/l	mg S/l	mg S/l	mg DQO/l	mmol H <sup>+</sup> /l
Proceso j ↓																
25) Crec. X <sub>SOB</sub> - S <sub>S2</sub>	-	-	-	$1-1/2 \cdot 1/Y_{SOB,1}$	U <sub>NH4</sub> <sup>25</sup>	-	-	-	U <sub>PO4</sub> <sup>25</sup>	U <sub>Cl</sub> <sup>25</sup>	$-1/Y_{SOB,1}$	$1/Y_{SOB,1}$	-	-	-	U <sub>HT</sub> <sup>25</sup>
26) Crec. X <sub>SOB</sub> - X <sub>S0</sub>	-	-	-	$1-3/2 \cdot 1/Y_{SOB,2}$	U <sub>NH4</sub> <sup>26</sup>	-	-	-	U <sub>PO4</sub> <sup>26</sup>	U <sub>Cl</sub> <sup>26</sup>	-	$-1/Y_{SOB,2}$	-	$1/Y_{SOB,2}$	-	U <sub>HT</sub> <sup>26</sup>
27) Crec. X <sub>SOB</sub> - S <sub>TS</sub>	-	-	-	$1-1/Y_{SOB,3}$	U <sub>NH4</sub> <sup>27</sup>	-	-	-	U <sub>PO4</sub> <sup>27</sup>	U <sub>Cl</sub> <sup>27</sup>	-	-	$-1/Y_{SOB,3}$	$1/Y_{SOB,3}$	-	U <sub>HT</sub> <sup>27</sup>
28) Lisis X <sub>SOB</sub>	-	-	-	-	U <sub>NH4</sub> <sup>28</sup>	-	-	-	U <sub>PO4</sub> <sup>28</sup>	U <sub>Cl</sub> <sup>28</sup>	-	-	-	-	-	U <sub>HT</sub> <sup>28</sup>
29) Lisis X <sub>S0</sub>	-	-	-	-	U <sub>NH4</sub> <sup>29</sup>	-	-	-	U <sub>PO4</sub> <sup>29</sup>	U <sub>Cl</sub> <sup>29</sup>	-	1	-	-	-	U <sub>HT</sub> <sup>29</sup>
30) Crec. X <sub>AD</sub> - S <sub>S2</sub> - S <sub>NO3</sub>	-	-	-	-	U <sub>NH4</sub> <sup>30</sup>	-	$28/80 \cdot (1-1/2 \cdot 1/Y_{AD1,1})$	$-28/80 \cdot (1-1/2 \cdot 1/Y_{AD1,1})$	U <sub>PO4</sub> <sup>30</sup>	U <sub>Cl</sub> <sup>30</sup>	$-1/Y_{AD1,1}$	$1/Y_{AD1,1}$	-	-	-	U <sub>HT</sub> <sup>30</sup>
31) Crec. X <sub>AD</sub> - S <sub>S0</sub> - S <sub>NO3</sub>	-	-	-	-	U <sub>NH4</sub> <sup>31</sup>	-	$28/80 \cdot (1-3/2 \cdot 1/Y_{AD1,2})$	$-28/80 \cdot (1-3/2 \cdot 1/Y_{AD1,2})$	U <sub>PO4</sub> <sup>31</sup>	U <sub>Cl</sub> <sup>31</sup>	-	$-1/Y_{AD1,2}$	-	$1/Y_{AD1,2}$	-	U <sub>HT</sub> <sup>31</sup>
32) Crec. X <sub>AD</sub> - S <sub>S2</sub> - S <sub>NO2</sub>	-	-	-	-	U <sub>NH4</sub> <sup>32</sup>	$28/48 \cdot (1-1/2 \cdot 1/Y_{AD1,3})$	-	$-28/48 \cdot (1-1/2 \cdot 1/Y_{AD1,3})$	U <sub>PO4</sub> <sup>32</sup>	U <sub>Cl</sub> <sup>32</sup>	$-1/Y_{AD1,3}$	$1/Y_{AD1,3}$	-	-	-	U <sub>HT</sub> <sup>32</sup>
33) Crec. X <sub>AD</sub> - S <sub>S0</sub> - S <sub>NO2</sub>	-	-	-	-	U <sub>NH4</sub> <sup>33</sup>	$28/48 \cdot (1-3/2 \cdot 1/Y_{AD1,4})$	-	$-28/48 \cdot (1-3/2 \cdot 1/Y_{AD1,4})$	U <sub>PO4</sub> <sup>33</sup>	U <sub>Cl</sub> <sup>33</sup>	-	$-1/Y_{AD1,4}$	-	$1/Y_{AD1,4}$	-	U <sub>HT</sub> <sup>33</sup>
34) Crec. X <sub>AD</sub> - S <sub>TS</sub> - S <sub>NO3</sub>	-	-	-	-	U <sub>NH4</sub> <sup>34</sup>	$-14/16 \cdot (1-1/Y_{AD2,1})$	$14/16 \cdot (1-1/Y_{AD2,1})$	-	U <sub>PO4</sub> <sup>34</sup>	U <sub>Cl</sub> <sup>34</sup>	-	-	$-1/Y_{AD2,1}$	$1/Y_{AD2,1}$	-	U <sub>HT</sub> <sup>34</sup>
35) Crec. X <sub>AD</sub> - S <sub>TS</sub> - S <sub>NO2</sub>	-	-	-	-	U <sub>NH4</sub> <sup>35</sup>	$28/48 \cdot (1-1/Y_{AD2,2})$	-	$-28/48 \cdot (1-1/Y_{AD2,2})$	U <sub>PO4</sub> <sup>35</sup>	U <sub>Cl</sub> <sup>35</sup>	-	-	$-1/Y_{AD2,2}$	$1/Y_{AD2,2}$	-	U <sub>HT</sub> <sup>35</sup>
36) Lisis X <sub>AD</sub>	-	-	-	-	U <sub>NH4</sub> <sup>36</sup>	-	-	-	U <sub>PO4</sub> <sup>36</sup>	U <sub>Cl</sub> <sup>36</sup>	-	-	-	-	-	U <sub>HT</sub> <sup>36</sup>
37) Crec. X <sub>DAMO-A</sub>	-	-	-	-	U <sub>NH4</sub> <sup>37</sup>	$-14/16 \cdot (1-1/Y_{DAMO-A})$	$14/16 \cdot (1-1/Y_{DAMO-A})$	-	U <sub>PO4</sub> <sup>37</sup>	U <sub>Cl</sub> <sup>37</sup>	-	-	-	-	$-1/Y_{DAMO-A}$	U <sub>HT</sub> <sup>37</sup>
38) Lisis X <sub>DAMO-A</sub>	-	-	-	-	U <sub>NH4</sub> <sup>38</sup>	-	-	-	U <sub>PO4</sub> <sup>38</sup>	U <sub>Cl</sub> <sup>38</sup>	-	-	-	-	-	U <sub>HT</sub> <sup>38</sup>
39) Crec. X <sub>DAMO-B</sub>	-	-	-	-	U <sub>NH4</sub> <sup>39</sup>	$28/48 \cdot (1-1/Y_{DAMO-B})$	-	$-28/48 \cdot (1-1/Y_{DAMO-B})$	U <sub>PO4</sub> <sup>39</sup>	U <sub>Cl</sub> <sup>39</sup>	-	-	-	-	$-1/Y_{DAMO-B}$	U <sub>HT</sub> <sup>39</sup>
40) Lisis X <sub>DAMO-B</sub>	-	-	-	-	U <sub>NH4</sub> <sup>40</sup>	-	-	-	U <sub>PO4</sub> <sup>40</sup>	U <sub>Cl</sub> <sup>40</sup>	-	-	-	-	-	U <sub>HT</sub> <sup>40</sup>
41) Ox. química S <sub>S2</sub>	-	-	-	$-3/2$	-	-	-	-	-	-	$-1$	-	$1/2$	$1/2$	-	U <sub>HT</sub> <sup>41</sup>
42) Desabsorción de S <sub>O2</sub>	-	-	-	$-1$	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
43) Desabsorción de S <sub>[NH3]</sub>	-	-	-	-	$-1$	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	U <sub>HT</sub> <sup>43</sup>
44) Desabsorción de S <sub>N2</sub>	-	-	-	-	-	-	-	$-1$	-	-	-	-	-	-	-	-
45) Desabsorción de S <sub>[CO2]</sub>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	$-1$	-	-	-	-	-	U <sub>HT</sub> <sup>45</sup>
46) Desabsorción de S <sub>[H2S]</sub>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	$-1$	-	-	-	-	U <sub>HT</sub> <sup>46</sup>
47) Desabsorción de S <sub>CH4</sub>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	$-1$	-

**Tabla A2.** Estequiometría de los componentes particulados

Componente i →	X <sub>S</sub>	X <sub>I</sub>	X <sub>H</sub>	X <sub>AMM</sub>	X <sub>NIT</sub>	X <sub>PP</sub>	X <sub>PHA</sub>	X <sub>PAO</sub>	X <sub>S0</sub>	X <sub>SOB</sub>	X <sub>AD</sub>	X <sub>DAMO-A</sub>	X <sub>DAMO-B</sub>	X <sub>SST</sub>
	mg DQO/l	mg DQO/l	mg DQO/l	mg DQO/l	mg DQO/l	mg P/l	mg DQO/l	mg DQO/l	mg S/l	mg DQO/l	mg DQO/l	mg DQO/l	mg DQO/l	mg SST/l
Proceso j ↓														
1) Hidrólisis aerobia	-1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	U <sub>SST</sub> <sup>1</sup>
2) Hidrólisis anóxica	-1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	U <sub>SST</sub> <sup>2</sup>
3) Hidrólisis anaerobia	-1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	U <sub>SST</sub> <sup>3</sup>
4) Crec. aer. X <sub>H</sub> - S <sub>A</sub>	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	U <sub>SST</sub> <sup>4</sup>
5) Crec. anóx. - S <sub>NO2</sub> X <sub>H</sub> - S <sub>A</sub>	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	U <sub>SST</sub> <sup>5</sup>
6) Crec. anóx. - S <sub>NO3</sub> X <sub>H</sub> - S <sub>A</sub>	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	U <sub>SST</sub> <sup>6</sup>
7) Crec. aer. X <sub>H</sub> - S <sub>F</sub>	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	U <sub>SST</sub> <sup>7</sup>
8) Crec. anóx. - S <sub>NO2</sub> X <sub>H</sub> - S <sub>F</sub>	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	U <sub>SST</sub> <sup>8</sup>
9) Crec. anóx. - S <sub>NO3</sub> X <sub>H</sub> - S <sub>F</sub>	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	U <sub>SST</sub> <sup>9</sup>
10) Lisis X <sub>H</sub>	1-f <sub>XI</sub>	f <sub>XI</sub>	-1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	U <sub>SST</sub> <sup>10</sup>
11) Crec. X <sub>AMM</sub>	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	U <sub>SST</sub> <sup>11</sup>
12) Lisis X <sub>AMM</sub>	1-f <sub>XI</sub>	f <sub>XI</sub>	-	-1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	U <sub>SST</sub> <sup>12</sup>
13) Crec. X <sub>NIT</sub>	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	U <sub>SST</sub> <sup>13</sup>
14) Lisis X <sub>NIT</sub>	1-f <sub>XI</sub>	f <sub>XI</sub>	-	-	-1	-	-	-	-	-	-	-	-	U <sub>SST</sub> <sup>14</sup>
15) Acum. X <sub>PHA</sub>	-	-	-	-	-	-Y <sub>PO4</sub>	1	-	-	-	-	-	-	U <sub>SST</sub> <sup>15</sup>
16) Crec. aer. X <sub>PAO</sub>	-	-	-	-	-	-	-1/Y <sub>PAO</sub>	1	-	-	-	-	-	U <sub>SST</sub> <sup>16</sup>
17) Crec. anóx. - S <sub>NO2</sub> X <sub>PAO</sub>	-	-	-	-	-	-	-1/Y <sub>PAO,NO2</sub>	1	-	-	-	-	-	U <sub>SST</sub> <sup>17</sup>
18) Crec. anóx. - S <sub>NO3</sub> X <sub>PAO</sub>	-	-	-	-	-	-	-1/Y <sub>PAO,NO3</sub>	1	-	-	-	-	-	U <sub>SST</sub> <sup>18</sup>
19) Acum. aer. X <sub>PP</sub>	-	-	-	-	-	1	-Y <sub>PHA</sub>	-	-	-	-	-	-	U <sub>SST</sub> <sup>19</sup>
20) Acum. anóx. - S <sub>NO2</sub> X <sub>PP</sub>	-	-	-	-	-	1	-Y <sub>PHA,NO2</sub>	-	-	-	-	-	-	U <sub>SST</sub> <sup>20</sup>
21) Acum. anóx. - S <sub>NO3</sub> X <sub>PP</sub>	-	-	-	-	-	1	-Y <sub>PHA,NO3</sub>	-	-	-	-	-	-	U <sub>SST</sub> <sup>21</sup>
22) Lisis X <sub>PAO</sub>	1-f <sub>XI</sub>	f <sub>XI</sub>	-	-	-	-	-	-1	-	-	-	-	-	U <sub>SST</sub> <sup>22</sup>
23) Lisis X <sub>PHA</sub>	-	-	-	-	-	-	-1	-	-	-	-	-	-	U <sub>SST</sub> <sup>23</sup>
24) Lisis X <sub>PP</sub>	-	-	-	-	-	-1	-	-	-	-	-	-	-	U <sub>SST</sub> <sup>24</sup>







**Tabla A5.** Expresiones cinéticas

Procesos	Expresiones cinéticas
1) Hidrólisis aerobia	$\frac{dX_S}{dt} = k_h \cdot M_{O_2} \cdot \frac{X_S/X_H}{k_{X_S} + X_S/X_H} \cdot X_H \cdot I_{pH1}$
2) Hidrólisis anóxica	$\frac{dX_S}{dt} = k_h \cdot I_{O_2} \cdot M_{NO_3} \cdot \frac{X_S/X_H}{k_{X_S} + X_S/X_H} \cdot X_H \cdot \eta_{hid-anox} \cdot I_{pH1}$
3) Hidrólisis anaerobia	$\frac{dX_S}{dt} = k_h \cdot I_{O_2} \cdot I_{NO_3} \cdot \frac{X_S/X_H}{k_{X_S} + X_S/X_H} \cdot X_H \cdot \eta_{hid-ana} \cdot I_{pH1}$
4) Crecimiento aerobio $X_H - S_A$	$\frac{dX_H}{dt} = \mu_h \cdot M_{O_2} \cdot M_{S_A} \cdot \frac{S_A}{S_A + S_F} \cdot M_{NH_4} \cdot M_{PO_4} \cdot X_H \cdot I_{pH1}$
5) Crecimiento anóxico - $S_{NO_2} X_H - S_A$	$\frac{dX_H}{dt} = \mu_h \cdot I_{O_2} \cdot M_{NO_2} \cdot \frac{S_{NO_2}}{S_{NO_2} + S_{NO_3}} \cdot M_{S_A} \cdot \frac{S_A}{S_A + S_F} \cdot M_{NH_4} \cdot M_{PO_4} \cdot X_H \cdot \eta_{NO_2-H} \cdot I_{pH1}$
6) Crecimiento anóxico - $S_{NO_3} X_H - S_A$	$\frac{dX_H}{dt} = \mu_h \cdot I_{O_2} \cdot M_{NO_3} \cdot \frac{S_{NO_3}}{S_{NO_2} + S_{NO_3}} \cdot M_{S_A} \cdot \frac{S_A}{S_A + S_F} \cdot M_{NH_4} \cdot M_{PO_4} \cdot X_H \cdot \eta_{NO_3-H} \cdot I_{pH1}$
7) Crecimiento aerobio $X_H - S_F$	$\frac{dX_H}{dt} = \mu_h \cdot M_{O_2} \cdot M_{S_F} \cdot \frac{S_F}{S_A + S_F} \cdot M_{NH_4} \cdot M_{PO_4} \cdot X_H \cdot I_{pH1}$
8) Crecimiento anóxico - $S_{NO_2} X_H - S_F$	$\frac{dX_H}{dt} = \mu_h \cdot I_{O_2} \cdot M_{NO_2} \cdot \frac{S_{NO_2}}{S_{NO_2} + S_{NO_3}} \cdot M_{S_F} \cdot \frac{S_F}{S_A + S_F} \cdot M_{NH_4} \cdot M_{PO_4} \cdot X_H \cdot \eta_{NO_2-H} \cdot I_{pH1}$
9) Crecimiento anóxico - $S_{NO_3} X_H - S_F$	$\frac{dX_H}{dt} = \mu_h \cdot I_{O_2} \cdot M_{NO_3} \cdot \frac{S_{NO_3}}{S_{NO_2} + S_{NO_3}} \cdot M_{S_F} \cdot \frac{S_F}{S_A + S_F} \cdot M_{NH_4} \cdot M_{PO_4} \cdot X_H \cdot \eta_{NO_3-H} \cdot I_{pH1}$
10) Lisis $X_H$	$\frac{dX_H}{dt} = b_h \cdot X_H$

**Tabla A5 (continuación).** Expresiones cinéticas

Procesos	Expresiones cinéticas
11) Crecimiento $X_{AMM}$	$\frac{dX_{AMM}}{dt} = \mu_{AMM} \cdot M_{O_2} \cdot M_{Cl} \cdot M_{NH_4} \cdot M_{PO_4} \cdot X_{AMM} \cdot I_{[HNO_2]} \cdot I_{pH1}$
12) Lisis $X_{AMM}$	$\frac{dX_{AMM}}{dt} = b_{AMM} \cdot X_{AMM}$
13) Crecimiento $X_{NIT}$	$\frac{dX_{NIT}}{dt} = \mu_{NIT} \cdot M_{O_2} \cdot M_{Cl} \cdot M_{NO_2} \cdot M_{NH_4} \cdot M_{PO_4} \cdot X_{NIT} \cdot I_{[HNO_2]} \cdot I_{pH2}$
14) Lisis $X_{NIT}$	$\frac{dX_{NIT}}{dt} = b_{NIT} \cdot X_{NIT}$
15) Acumulación $X_{PHA}$	$\frac{dX_{PHA}}{dt} = q_{PHA} \cdot M_{SA} \cdot \frac{X_{PP}/X_{PAO}}{K_{PP} + X_{PP}/X_{PAO}} \cdot X_{PAO} \cdot I_{pH1}$
16) Crecimiento aerobio $X_{PAO}$	$\frac{dX_{PAO}}{dt} = \mu_{PAO} \cdot M_{O_2} \cdot \frac{X_{PHA}/X_{PAO}}{K_{PHA} + X_{PHA}/X_{PAO}} \cdot M_{NH_4} \cdot M_{PO_4} \cdot X_{PAO} \cdot I_{pH1}$
17) Crecimiento anóxico - $S_{NO_2}$ $X_{PAO}$	$\frac{dX_{PAO}}{dt} = \mu_{PAO} \cdot I_{O_2} \cdot M_{NO_2} \cdot \frac{S_{NO_2}}{S_{NO_2} + S_{NO_3}} \cdot \frac{X_{PHA}/X_{PAO}}{K_{PHA} + X_{PHA}/X_{PAO}} \cdot M_{NH_4} \cdot M_{PO_4} \cdot X_{PAO} \cdot \eta_{NO_2-PAO} \cdot I_{pH1}$
18) Crecimiento anóxico - $S_{NO_3}$ $X_{PAO}$	$\frac{dX_{PAO}}{dt} = \mu_{PAO} \cdot I_{O_2} \cdot M_{NO_3} \cdot \frac{S_{NO_3}}{S_{NO_2} + S_{NO_3}} \cdot \frac{X_{PHA}/X_{PAO}}{K_{PHA} + X_{PHA}/X_{PAO}} \cdot M_{NH_4} \cdot M_{PO_4} \cdot X_{PAO} \cdot \eta_{NO_3-PAO} \cdot I_{pH1}$
19) Acumulación aerobia $X_{PP}$	$\frac{dX_{PP}}{dt} = q_{PP} \cdot M_{O_2} \cdot \frac{X_{PHA}/X_{PAO}}{K_{PHAPP} + X_{PHA}/X_{PAO}} \cdot \frac{S_{PO_4}}{K_{PS} + S_{PO_4}} \cdot \frac{k_{maxPP} - X_{PP}/X_{PAO}}{K_{IPP} + k_{maxPP} - X_{PP}/X_{PAO}} \cdot X_{PAO} \cdot I_{pH1}$
20) Acumulación anóxica - $S_{NO_2}$ $X_{PP}$	$\frac{dX_{PP}}{dt} = q_{PP} \cdot I_{O_2} \cdot M_{NO_2} \cdot \frac{S_{NO_2}}{S_{NO_2} + S_{NO_3}} \cdot \frac{X_{PHA}/X_{PAO}}{K_{PHAPP} + X_{PHA}/X_{PAO}} \cdot \frac{S_{PO_4}}{K_{PS} + S_{PO_4}} \cdot \frac{k_{maxPP} - X_{PP}/X_{PAO}}{K_{IPP} + k_{maxPP} - X_{PP}/X_{PAO}} \cdot X_{PAO} \cdot \eta_{NO_2-PAO} \cdot I_{pH1}$



**Tabla A5 (continuación). Expresiones cinéticas**

<b>Procesos</b>	<b>Expresiones cinéticas</b>
21) Acumulación anóxica - $S_{NO3}$ $X_{PP}$	$\frac{dX_{PP}}{dt} = q_{PP} \cdot I_{O2} \cdot M_{NO3} \cdot \frac{S_{NO3}}{S_{NO2} + S_{NO3}} \cdot \frac{X_{PHA}/X_{PAO}}{k_{PHAPP} + X_{PHA}/X_{PAO}} \cdot \frac{S_{PO4}}{k_{PS} + S_{PO4}} \cdot \frac{k_{maxPP} - X_{PP}/X_{PAO}}{k_{IPP} + k_{maxPP} - X_{PP}/X_{PAO}} \cdot X_{PAO} \cdot \eta_{NO3-PAO} \cdot I_{pH1}$
22) Lisis $X_{PAO}$	$\frac{dX_{PAO}}{dt} = b_{PAO} \cdot X_{PAO}$
23) Lisis $X_{PHA}$	$\frac{dX_{PHA}}{dt} = b_{PHA} \cdot X_{PHA}$
24) Lisis $X_{PP}$	$\frac{dX_{PP}}{dt} = b_{PP} \cdot X_{PP}$
25) Crecimiento $X_{SOB}$ - $S_{S2}$	$\frac{dX_{SOB}}{dt} = \mu_{SOB} \cdot M_{O2} \cdot M_{S2} \cdot \left( 1 - \left( \frac{X_{S0}/X_{SOB}}{[X_{S0}/X_{SOB}]_{max}} \right)^\alpha \right) \cdot M_{Cl} \cdot M_{NH4} \cdot M_{PO4} \cdot X_{SOB} \cdot I_{[H2S]} \cdot I_{pH1}$
26) Crecimiento $X_{SOB}$ - $S_{S0}$	$\frac{dX_{SOB}}{dt} = \mu_{SOB} \cdot M_{O2} \cdot I_{S2} \cdot \frac{X_{S0}/X_{SOB}}{k_{S0} + X_{S0}/X_{SOB}} \cdot \frac{X_{S0}/X_{SOB}}{X_{S0}/X_{SOB} + S_{TS}} \cdot M_{Cl} \cdot M_{NH4} \cdot M_{PO4} \cdot X_{SOB} \cdot \eta_{S0} \cdot I_{[H2S]} \cdot I_{pH1}$
27) Crecimiento $X_{SOB}$ - $S_{TS}$	$\frac{dX_{SOB}}{dt} = \mu_{SOB} \cdot M_{O2} \cdot I_{S2} \cdot M_{TS} \cdot \frac{S_{TS}}{X_{S0}/X_{SOB} + S_{TS}} \cdot M_{Cl} \cdot M_{NH4} \cdot M_{PO4} \cdot X_{SOB} \cdot \eta_{TS} \cdot I_{[H2S]} \cdot I_{pH1}$
28) Lisis $X_{SOB}$	$\frac{dX_{SOB}}{dt} = b_{SOB} \cdot X_{SOB}$
29) Lisis $X_{S0}$	$\frac{dX_{S0}}{dt} = b_{S0} \cdot X_{S0}$
30) Crecimiento $X_{AD}$ - $S_{S2}$ - $S_{NO3}$	$\frac{dX_{AD}}{dt} = \mu_{AD} \cdot \eta_{AD1,1} \cdot I_{O2} \cdot \frac{S_{NO3}}{k_{NO3,1} + S_{NO3}} \cdot \frac{S_{NO3}}{S_{NO3} + S_{NO2}} \cdot M_{S2} \cdot M_{Cl} \cdot M_{NH4} \cdot M_{PO4} \cdot X_{AD} \cdot I_{[HNO2]} \cdot I_{[H2S]} \cdot I_{pH1}$

**Tabla A5 (continuación).** Expresiones cinéticas

Procesos	Expresiones cinéticas
31) Crecimiento $X_{AD} - S_{S0} - S_{NO3}$	$\frac{dX_{AD}}{dt} = \mu_{AD} \cdot \eta_{AD1,2} \cdot I_{O2} \cdot \frac{S_{NO3}}{k_{NO3,1} + S_{NO3}} \cdot \frac{S_{NO3}}{S_{NO3} + S_{NO2}} \cdot I_{S2} \cdot M_{S0} \cdot \frac{S_{S0}}{S_{S0} + S_{TS}} \cdot M_{Cl} \cdot M_{NH4} \cdot M_{PO4} \cdot X_{AD} \cdot I_{[HNO2]} \cdot I_{[H2S]} \cdot I_{pH1}$
32) Crecimiento $X_{AD} - S_{S2} - S_{NO2}$	$\frac{dX_{AD}}{dt} = \mu_{AD} \cdot \eta_{AD1,3} \cdot I_{O2} \cdot \frac{S_{NO2}}{k_{NO2,1} + S_{NO2}} \cdot \frac{S_{NO2}}{S_{NO3} + S_{NO2}} \cdot M_{S2} \cdot M_{Cl} \cdot M_{NH4} \cdot M_{PO4} \cdot X_{AD} \cdot I_{[HNO2]} \cdot I_{[H2S]} \cdot I_{pH1}$
33) Crecimiento $X_{AD} - S_{S0} - S_{NO2}$	$\frac{dX_{AD}}{dt} = \mu_{AD} \cdot \eta_{AD1,4} \cdot I_{O2} \cdot \frac{S_{NO2}}{k_{NO2,1} + S_{NO2}} \cdot \frac{S_{NO2}}{S_{NO3} + S_{NO2}} \cdot I_{S2} \cdot M_{S0} \cdot \frac{S_{S0}}{S_{S0} + S_{TS}} \cdot M_{Cl} \cdot M_{NH4} \cdot M_{PO4} \cdot X_{AD} \cdot I_{[HNO2]} \cdot I_{[H2S]} \cdot I_{pH1}$
34) Crecimiento $X_{AD} - S_{TS} - S_{NO3}$	$\frac{dX_{AD}}{dt} = \mu_{AD} \cdot \eta_{AD2,1} \cdot I_{O2} \cdot \frac{S_{NO3}}{k_{NO3,2} + S_{NO3}} \cdot \frac{S_{NO3}}{S_{NO3} + S_{NO2}} \cdot I_{S2} \cdot M_{TS} \cdot \frac{S_{TS}}{S_{S0} + S_{TS}} \cdot M_{Cl} \cdot M_{NH4} \cdot M_{PO4} \cdot X_{AD} \cdot I_{[HNO2]} \cdot I_{[H2S]} \cdot I_{pH1}$
35) Crecimiento $X_{AD} - S_{TS} - S_{NO2}$	$\frac{dX_{AD}}{dt} = \mu_{AD} \cdot \eta_{AD2,2} \cdot I_{O2} \cdot \frac{S_{NO2}}{k_{NO2,2} + S_{NO2}} \cdot \frac{S_{NO2}}{S_{NO3} + S_{NO2}} \cdot I_{S2} \cdot M_{TS} \cdot \frac{S_{TS}}{S_{S0} + S_{TS}} \cdot M_{Cl} \cdot M_{NH4} \cdot M_{PO4} \cdot X_{AD} \cdot I_{[HNO2]} \cdot I_{[H2S]} \cdot I_{pH1}$
36) Lisis $X_{AD}$	$\frac{dX_{AD}}{dt} = b_{AD} \cdot X_{AD}$
37) Crecimiento $X_{DAMO-A}$	$\frac{dX_{DAMO-A}}{dt} = \mu_{DAMO-A} \cdot I_{O2} \cdot M_{NO3} \cdot M_{CH4} \cdot M_{NH4} \cdot M_{PO4} \cdot X_{DAMO-A} \cdot I_{[HNO2]} \cdot I_{pH1}$
38) Lisis $X_{DAMO-A}$	$\frac{dX_{DAMO-A}}{dt} = b_{DAMO-A} \cdot X_{DAMO-A}$
39) Crecimiento $X_{DAMO-B}$	$\frac{dX_{DAMO-B}}{dt} = \mu_{DAMO-B} \cdot I_{O2} \cdot M_{NO2} \cdot M_{CH4} \cdot M_{NH4} \cdot M_{PO4} \cdot X_{DAMO-B} \cdot I_{[HNO2]} \cdot I_{pH1}$
40) Lisis $X_{DAMO-B}$	$\frac{dX_{DAMO-B}}{dt} = b_{DAMO-B} \cdot X_{DAMO-B}$

**Tabla A5 (continuación).** Expresiones cinéticas

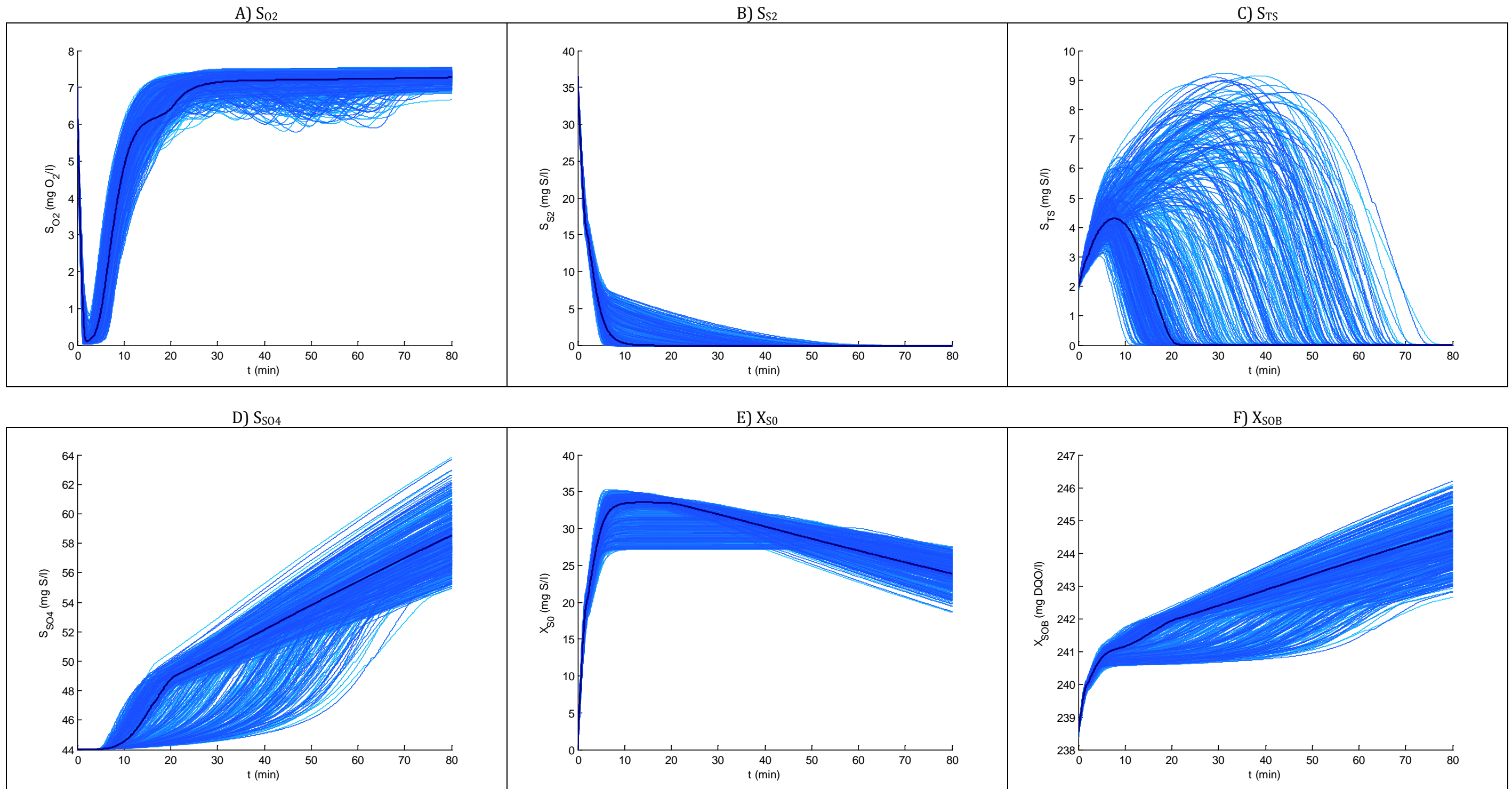
<b>Procesos</b>	<b>Expresiones cinéticas</b>
41) Ox. química $S_{S2}$	$\frac{dS_{S2}}{dt} = \frac{k_{H_2Sc} + k_{HS^-c} \cdot K_{a1} \cdot 10^{pH}}{1 + K_{a1} \cdot 10^{pH}} \cdot \theta_{ox}^{T-20} \cdot S_{S2}^{mc} \cdot S_{O2}^{nc}$
42) Desabsorción de $S_{O2}$	$\frac{dS_{O2}}{dt} = K_{La,O2} \cdot (S_{O2} - S_{O2}^*)$
43) Desabsorción de $S_{[NH3]}$	$\frac{dS_{[NH3]}}{dt} = K_{La,NH3} \cdot (S_{[NH3]} - S_{[NH3]}^*)$
44) Desabsorción de $S_{N2}$	$\frac{dS_{N2}}{dt} = K_{La,N2} \cdot (S_{N2} - S_{N2}^*)$
45) Desabsorción de $S_{[CO2]}$	$\frac{dS_{[CO2]}}{dt} = K_{La,CO2} \cdot (S_{[CO2]} - S_{[CO2]}^*)$
46) Desabsorción de $S_{[H2S]}$	$\frac{dS_{[H2S]}}{dt} = K_{La,H2S} \cdot (S_{[H2S]} - S_{[H2S]}^*)$
47) Desabsorción de $S_{CH4}$	$\frac{dS_{CH4}}{dt} = K_{La,CH4} \cdot (S_{CH4} - S_{CH4}^*)$



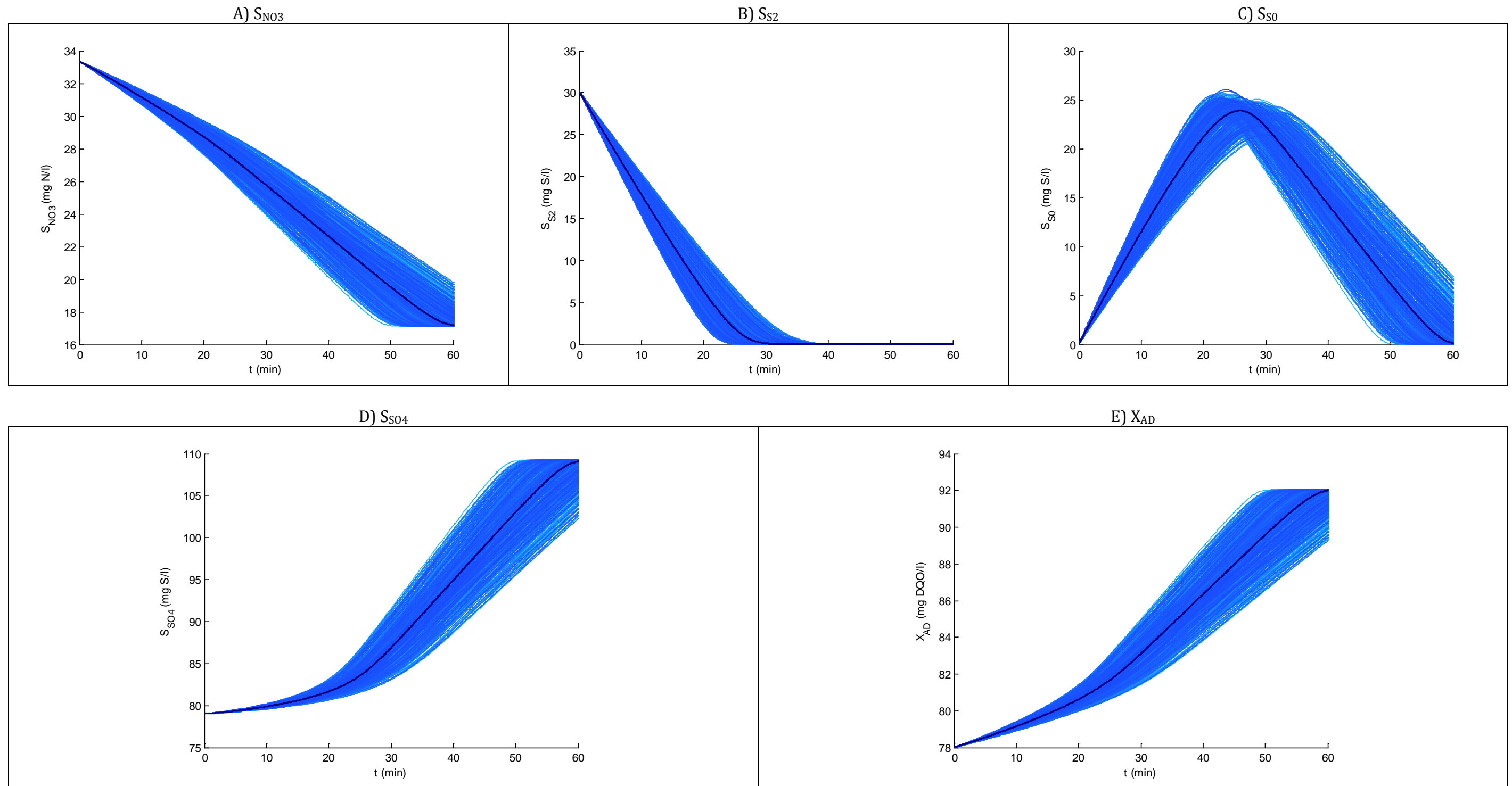
# ANEXO B

## ANÁLISIS DE MONTE-CARLO



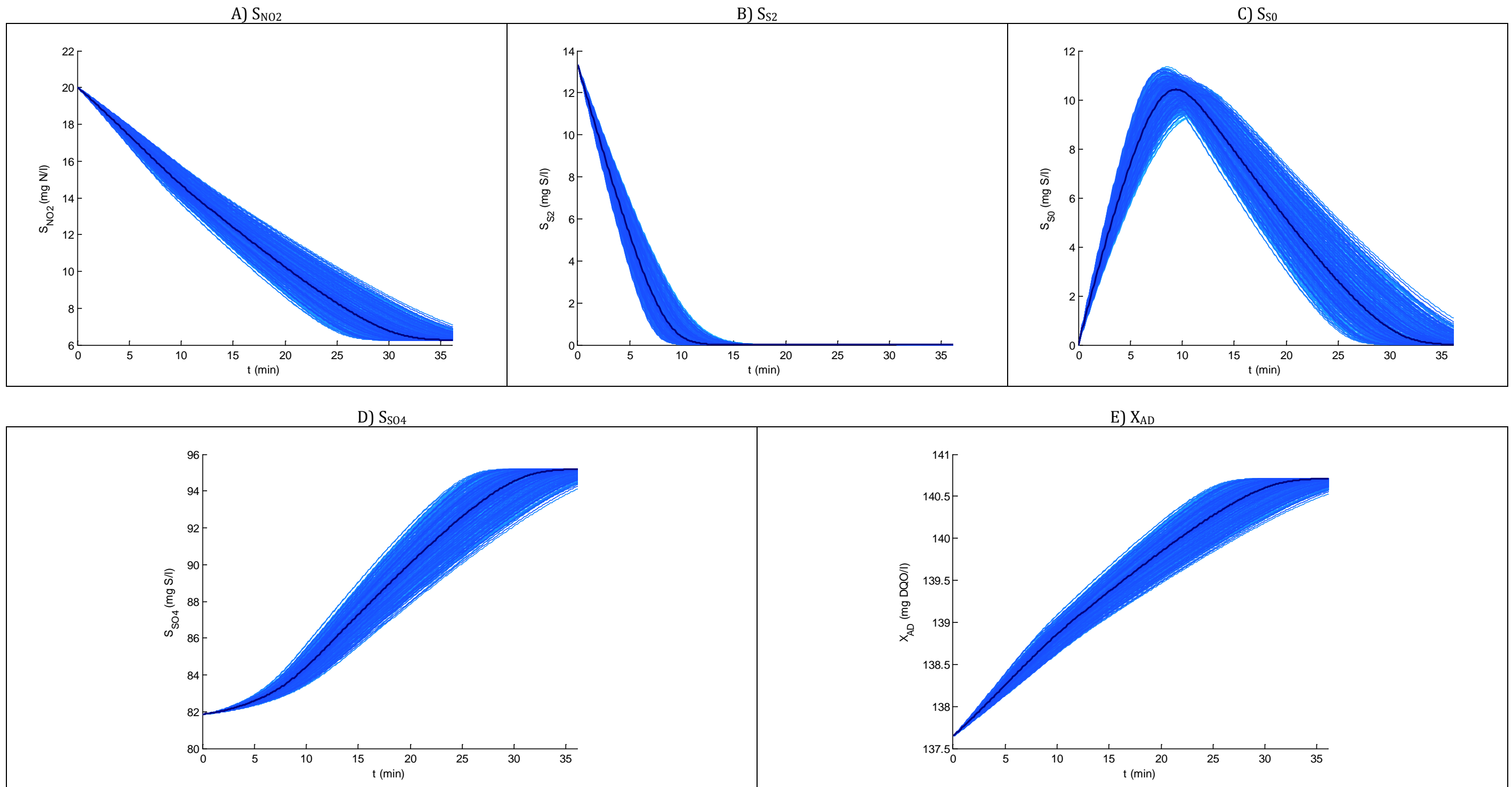


**Figura B1.** Análisis de Monte-Carlo del modelo de los microorganismos sulfuro-oxidantes

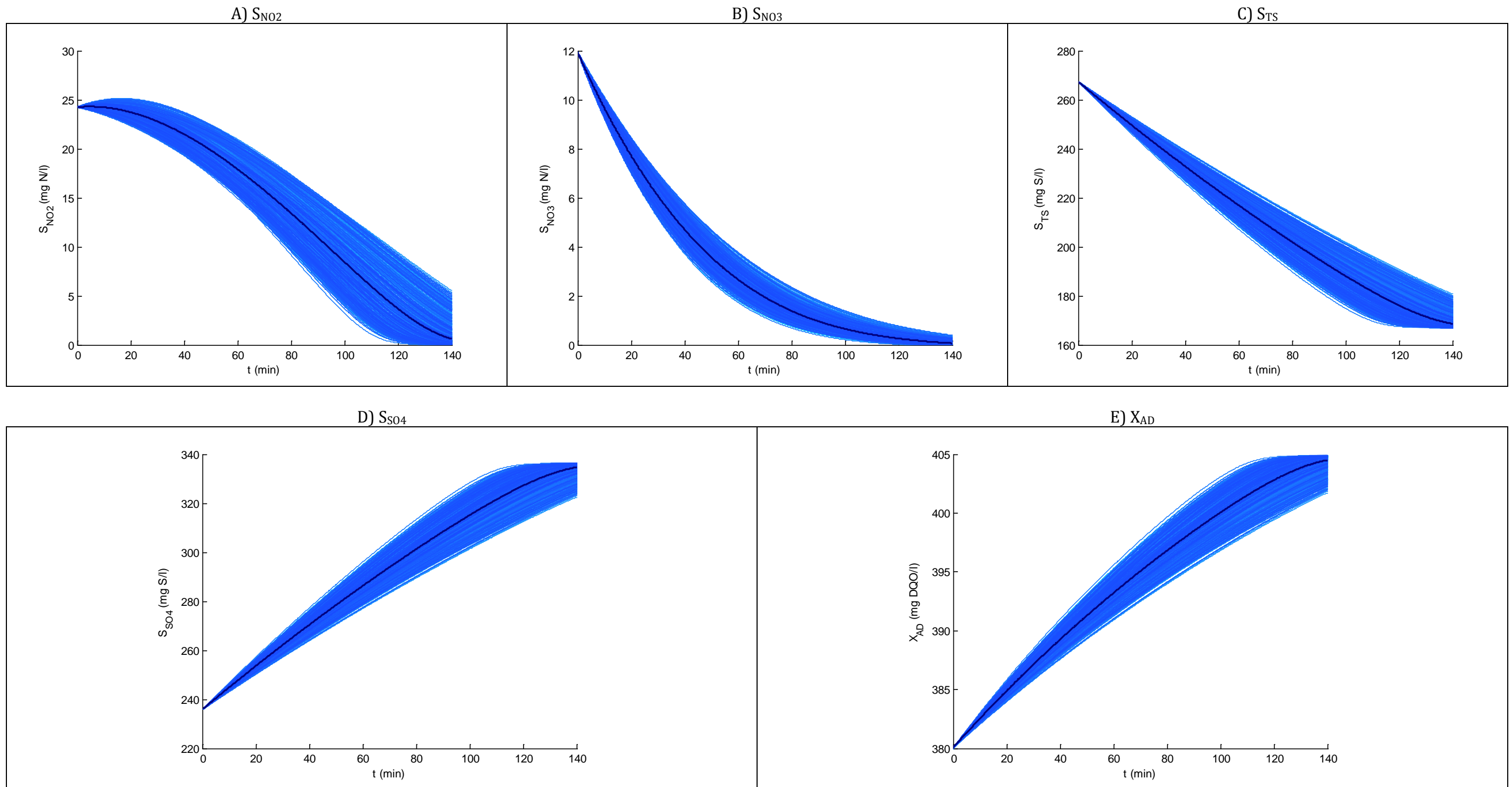


**Figura B2.** Análisis de Monte-Carlo del modelo de los microorganismos autótrofos desnitrificantes para el ensayo nº1





**Figura B3.** Análisis de Monte-Carlo del modelo de los microorganismos autótrofos desnitrificantes para el ensayo nº2



**Figura B4.** Análisis de Monte-Carlo del modelo de los microorganismos autótrofos desnitrificantes para el ensayo nº3