

Desarrollo de un sistema respirométrico para determinar la biodegradabilidad en compost

Federico Yulita y Carolina Iacovone

Directores Dr. Lucas Guz y Dra. Lucía Famá

Presentación final de Laboratorio 6

Laboratorio de Polímeros y Materiales Compuestos



Plásticos: problemática a escala mundial



Isla de plásticos en el océano pacífico



Definición de polímero biodegradable¹:

polímero susceptible a degradación mediante actividad biológica, acompañada por una disminución del peso molecular.

Proceso de degradación de un polímero²:

Hidrólisis

Mineralización

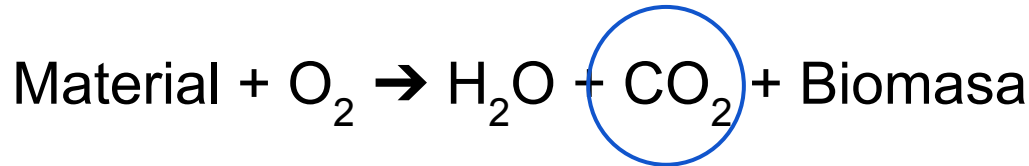
Cadena principal del polímero

Cadenas cortas del polímero

CO₂

Biomasa

Agua



Norma ISO 14855³:
biodegradación en compost

- Condiciones del compost
- Proporción de compost material 6:1
- Temperatura constante de 52°C
- Línea ensayo, línea blanco y línea control positivo

$$\% \text{ Mineralización} = \frac{g\text{CO}_2 - g\text{CO}_2\text{b}}{g_{\text{material}} \left(\%C_{\text{material}} / 100 \right) \frac{44}{12}}$$

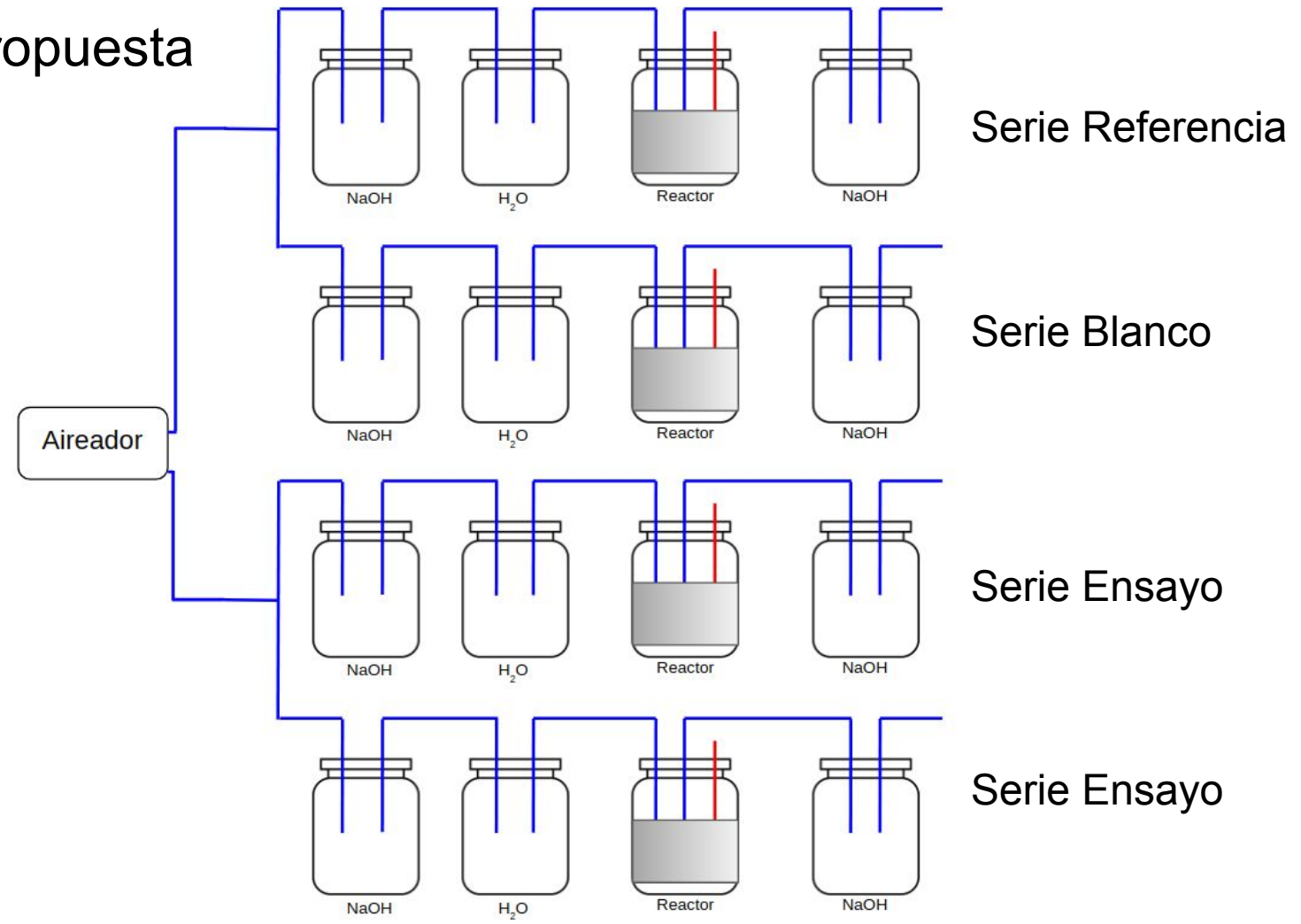
Finalmente, un material es **biodegradable** si alcanza el 90% de la biodegradación del material en hasta 6 meses.⁴

Contexto actual en Argentina:

Se comercializan productos biodegradables → necesidad de una evaluación

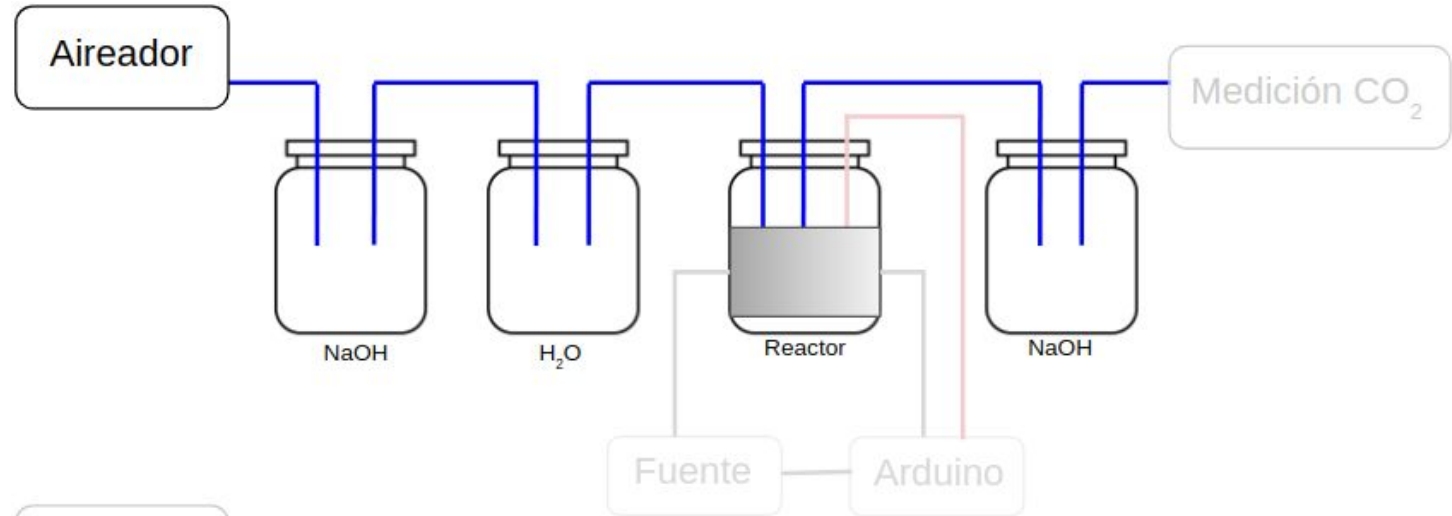
Objetivo: diseñar, fabricar y poner a punto un equipo capaz de estudiar la biodegradabilidad de polímeros en compost.

Propuesta



Partes del equipo

- Seguimiento del aire
- Reactor
- Sistema térmico
- Medición de CO_2



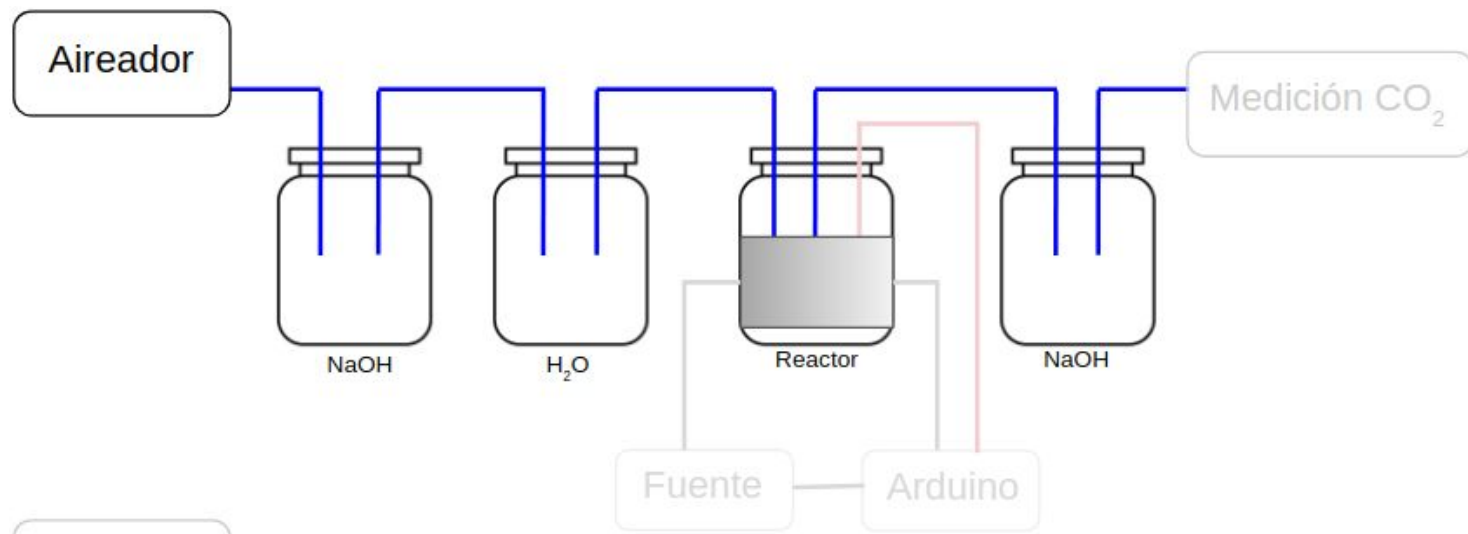
Introducción

Propuesta

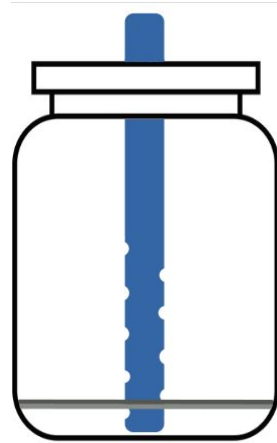
Desarrollo

Prueba

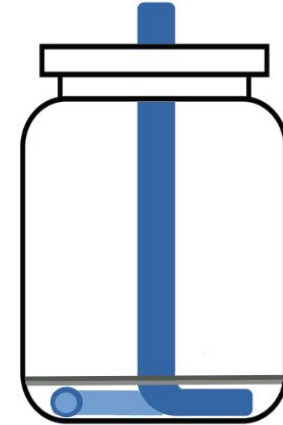
Conclusiones



Al Frasco de vidrio Schott se le colocaron piedritas en el fondo y dos mallas tipo mosquitero para hacer un colchón de aire. Luego, se realizaron 2 configuraciones para la circulación del aire:



Configuración 1: agujeros en la manguera



Configuración 2: manguera formando un círculo en el fondo

Luego, se colocó el compost.

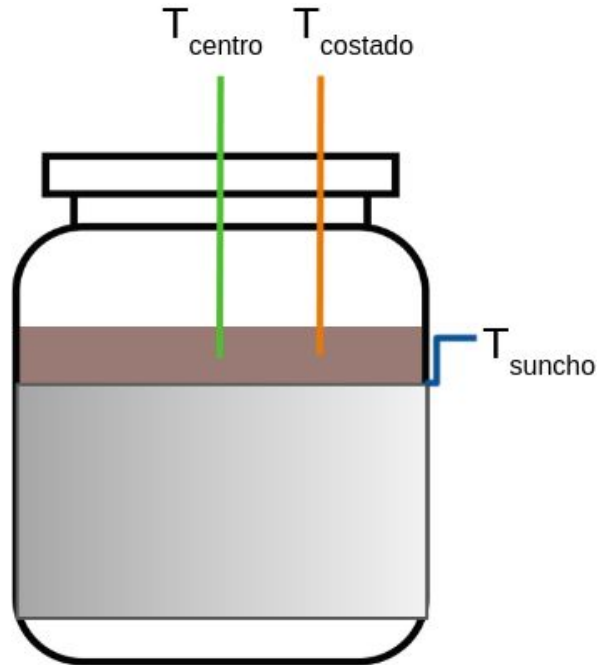
Introducción

Propuesta

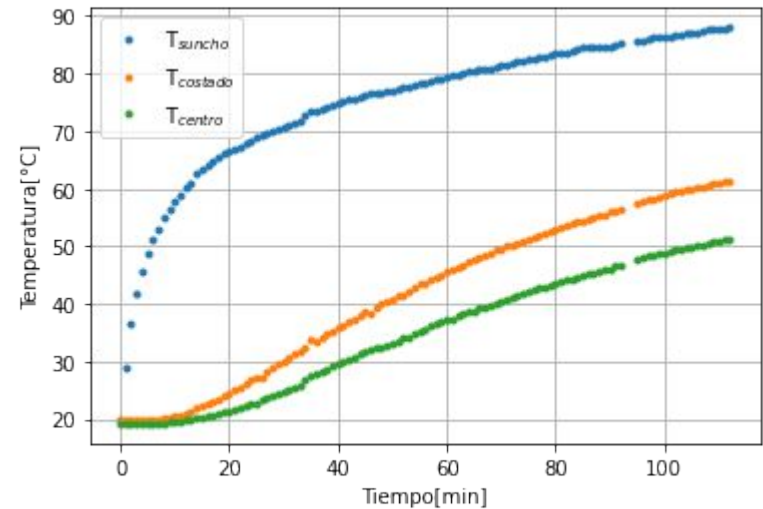
Desarrollo

Prueba

Conclusiones



Evolución de la temperatura de 3 termocuplas a un voltaje constante de 60V



Inercia del compost: ~60 minutos

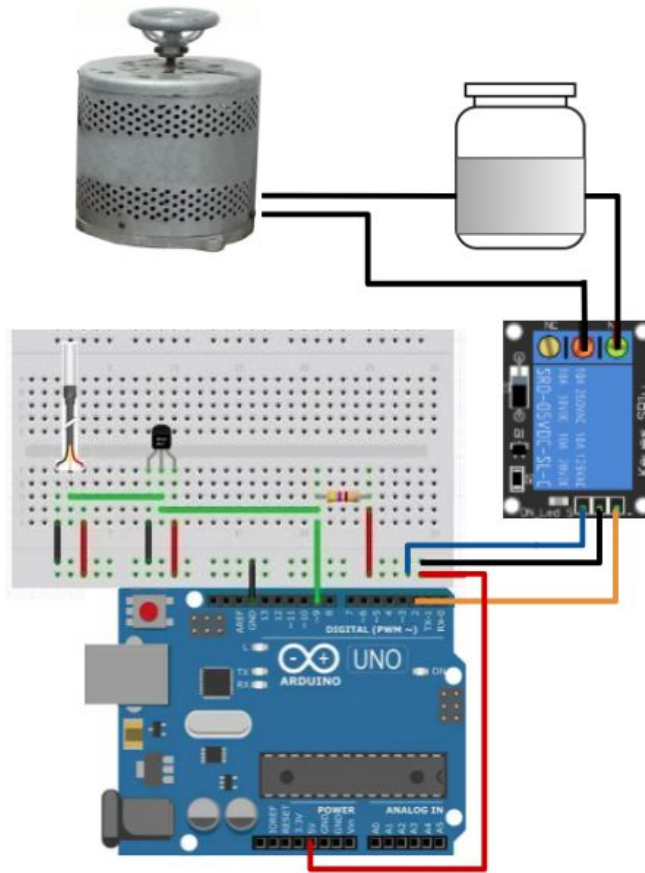
Introducción

Propuesta

Desarrollo

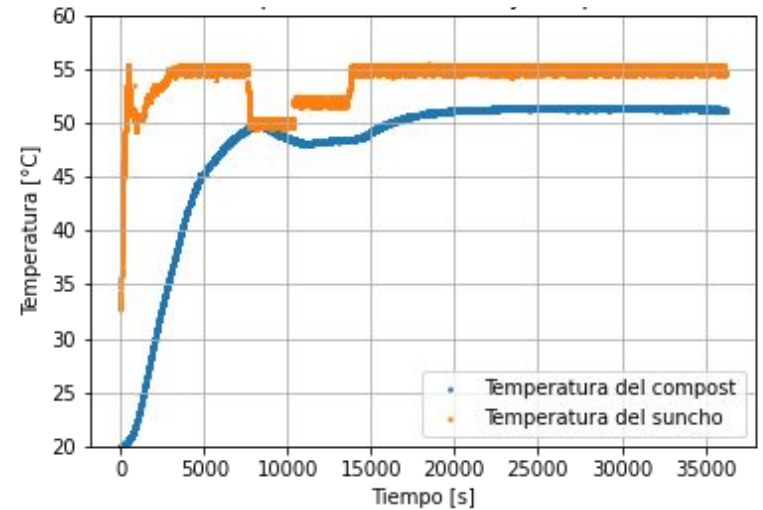
Prueba

Conclusiones



- Arduino: programa
- Python: levantar datos
- TeamViewer: control remoto

Evolución de la temperatura del compost y el suncho controlándolo remotamente



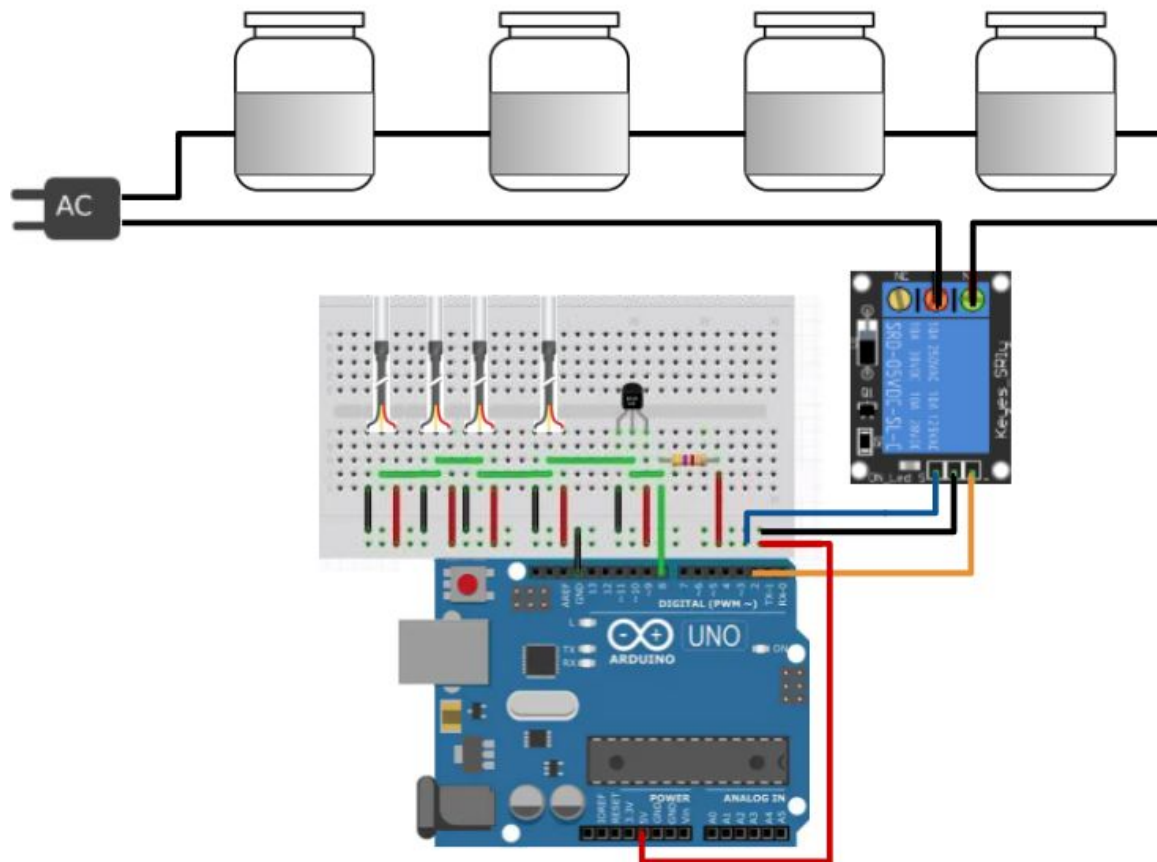
Introducción

Propuesta

Desarrollo

Prueba

Conclusiones



Equipo finalizado

Introducción

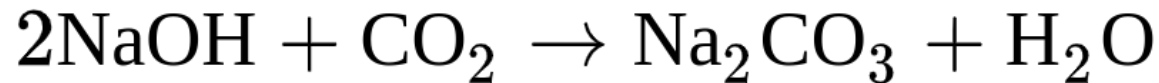
Propuesta

Desarrollo

Prueba

Conclusiones





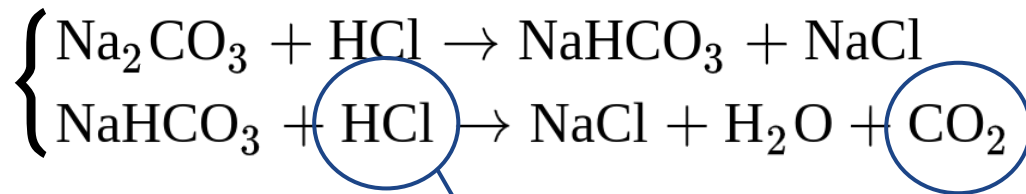
Introducción

Propuesta

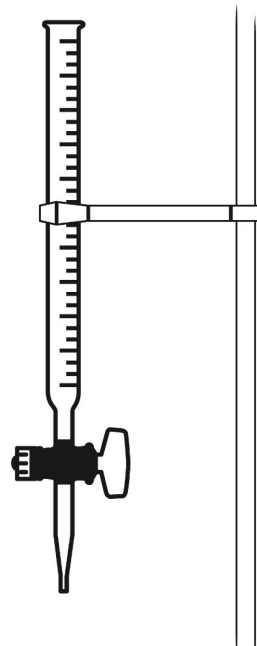
Desarrollo

Prueba

Conclusiones



$$g\text{CO}_2 = \frac{44V_{\text{HCl}}C_{\text{HCl}}V_{\text{NaOH}}}{V_{\text{mtra}}}$$



Puesta a punto: se realizaron dos simulaciones

- Simulación con bicarbonato de sodio

Se simuló al compost con una solución de bicarbonato de sodio, esperando que se produzcan 1.78g de CO_2

La trampa de NaOH capturó 0.4mL, es decir 1.40g de CO_2

- Simulación con pasto

Se colocó pasto en el compost y se dejó el equipo funcionando por 24hs.

La trampa de NaOH capturó 0.2mL, es decir 0.70g de CO_2

Conclusiones

- Se logró monitorear y controlar la temperatura del compost de manera remota.
- Las configuraciones de la manguera no presentaron diferencias significativas.
- Las simulaciones de captura de CO₂ resultaron exitosas.
- Se logró construir el equipo.

Proyección: analizar la biodegradabilidad de películas de almidón elaboradas por extrusión utilizando el equipo construido en laboratorio 6

¡Muchas gracias!

Bibliografía

¹IUPAC. Compendium of Chemical Terminology, 2nd ed. (the "Gold Book"). Compilado por A. D. McNaught y A. Wilkinson. Blackwell Scientific Publications, Oxford (1997). Versión online (2019-) creado por S. J. Chalk. ISBN 0-9678550-9-8. <https://doi.org/10.1351/goldbook>.

²E. Castro Aguirre, Design and construction of a medium-scale automated direct measurement respirometric system to assess aerobic biodegradation of polymers, Michigan State University, 2013.

³ISO/DIS 14855-1. Determination of the Ultimate Aerobic Biodegradability and Disintegration of Plastic Materials under Controlled Composting Conditions—Method by Analysis of Evolved Carbon dioxide.

⁴EN 13432:2000. Packaging - Requirements for packaging recoverable through composting and biodegradation - Test scheme and evaluation criteria for the final acceptance of packaging.

⁵G. Kale, R. Auras, S. P. Singh, R. Narayan, Biodegradability of polylactide bottles in real and simulated composting conditions, Polymer Testing 26 (2007) 1049–1061.

```

1  #include <OneWire.h>
2  #include <DallasTemperature.h>
3
4  // Pin donde se conecta el bus 1-Wire
5  const int pinDatosDQ = 2;
6  const int pinRelay = 7;
7
8  // Instancia a las clases OneWire y DallasTemperature
9  OneWire oneWireObjeto(pinDatosDQ);
10 DallasTemperature sensorDS18B20(&oneWireObjeto);
11
12 void setup() {
13     // Iniciamos la comunicación serie
14     Serial.begin(9600);
15     // Iniciamos el bus 1-Wire
16     sensorDS18B20.begin();
17
18     //Para el relay:
19     pinMode(pinRelay, OUTPUT); //conexión a S del relay
20 }
21
22 void loop() {
23     // CODIGO PARA EL SENSOR
24     sensorDS18B20.requestTemperatures();
25     // Leemos y mostramos los datos de los sensores DS18B20
26     Serial.print(sensorDS18B20.getTempCByIndex(0));
27     Serial.print(",");
28     Serial.print(sensorDS18B20.getTempCByIndex(1));
29     Serial.print(",");
30
31     if(sensorDS18B20.getTempCByIndex(1) <= 55){
32         digitalWrite(pinRelay, HIGH); //turn relay ON
33         Serial.println("Prendido");
34     }
35     else{
36         digitalWrite(pinRelay, LOW); //turn relay OFF
37         Serial.println("Apagado");
38     }
39
40     delay(1000);
41 }
42

```

```

1  import serial
2  import os
3  from datetime import datetime
4
5
6  arduino_port = "COM3" #serial port of Arduino
7  baud = 9600 #arduino uno runs at 9600 baud
8
9  ser = serial.Serial(arduino_port, baud)
10 print(f"Connected to Arduino port {arduino_port}")
11
12 now = datetime.now()
13 folder_name = f"measurements_{now.strftime('%d/%m/%Y_%H:%M:%S')}"
14
15 os.makedirs(f"./measurements/{folder_name}")
16 print(f"Created folder {folder_name}")
17
18 measurement = 0 #start at 0 because our header is 0 (not real data)
19 while True:
20     if measurement % 100 == 0:
21         fileName = f"./measurements/{folder_name}/data_{int(measurement / 100)}.csv"
22         print(f"{fileName} created")
23         file = open(fileName, "w")
24         file.write("Date_Time,Temp_Compost,Temp_Suncho,Estado\n")
25
26         data = str(ser.readline())
27         now = datetime.now()
28         data = now.strftime("%d/%m/%Y_%H:%M:%S") + "," + data[2:-5] + "\n"
29         print(data)
30
31         file.write(data) #write data with a newline
32         measurement += 1
33
34         if measurement % 100 == 0 and measurement != 0:
35             file.close()
36             print(f"{fileName} completed")
37

```