Investigación: sensores de humedad compatibles con Arduino

## 1. Objetivo y alcance

Objetivo: proporcionar una guía técnica y práctica (investigación) para elegir, conectar, calibrar y usar sensores de humedad de suelo y humedad ambiental (aire) con placas Arduino (UNO, Nano, Mega, ESP32, etc.).

Alcance: revisión de tipos comerciales comunes (resistivos, capacitivos, DHTxx, BME280, SHT31/SHT3x, SI7021), comparativa de especificaciones, instrucciones de conexión, código de ejemplo, métodos de calibración/validación y recomendaciones para proyectos hobby y aplicaciones más exigentes (agricultura, estación meteorológica, IoT).

## 2. Resumen ejecutivo / recomendación rápida

* Para proyectos baratos y temporales (hobby): YL-69 / FC-28 (resistivo) + DHT11 (ambiente).
* Para proyectos permanentes/fiables de riego: sensor capacitivo de humedad de suelo (v1.2 o similar) + DHT22 o BME280.
* Para estaciones meteorológicas o aplicaciones profesionales: BME280 o SHT31 (humedad con ±2–3 %RH) y sensores de suelo capacitivo bien calibrados.  
   (Evidencia: corrosión en sondas resistivas; ventajas de capacitivo; especificaciones DHT/BME). [Arduino Forum+2Biomaker.org+2](https://forum.arduino.cc/t/questions-about-soil-moisture-sensors-yl-69/675460?utm_source=chatgpt.com)

## 3. Tipos de sensores: principios y características

### 3.1. Sensores de humedad de suelo

#### A) Resistivos (ej. YL-69 / FC-28)

* Principio: miden la conductividad eléctrica entre dos electrodos insertados en el suelo (mayor humedad entonces más conductividad).
* Ventajas: muy baratos, fáciles de leer (analógico), disponibles en módulos con salida A0 y salida digital.
* Desventajas: corrosión de los electrodos cuando están permanentemente alimentados/insertados, vida útil corta; sensibles a la salinidad del suelo y variaciones químicas. Para alargar la vida se sugiere alimentar el sensor solo al tomar lectura (pulsado) o invertir polaridad periódicamente. [Random Nerd Tutorials+1](https://randomnerdtutorials.com/guide-for-soil-moisture-sensor-yl-69-or-hl-69-with-the-arduino/?utm_source=chatgpt.com)

#### **B) Capacitivos (ej. Capacitive Soil Moisture Sensor v1.2)**

* Principio: miden la capacitancia entre placas o trazos cuando se alteran por la humedad del sustrato; la presencia de agua cambia la permitividad dieléctrica.
* Ventajas: mayor durabilidad (sin electrodos expuestos), menos corrosión, lecturas más estables y menos afectadas por salinidad; adecuados para instalaciones semi-permanentes. Estudios recientes muestran buena relación costo/precisión frente a equipos TDR profesionales. [how2electronics.com+1](https://how2electronics.com/interface-capacitive-soil-moisture-sensor-arduino/?utm_source=chatgpt.com)
* Desventajas: requieren calibración para convertir lectura analógica (V) a contenido volumétrico de agua (VWC). Algunos clones baratos pueden tener problemas de calidad o envejecimiento; comprar de proveedores confiables.

### 3.2. Sensores de humedad ambiental (aire)

#### A) DHT11 / DHT22 (AM2302)

* DHT11: rango ~20–80 %RH, precisión ≈ ±5 %RH, económico; muestreo lento.
* DHT22 / AM2302: rango 0–100 %RH (o amplio), mejor precisión ≈ ±2–5 %RH según fuente, mayor resolución; más adecuado que DHT11 si necesitas mejor lectura. Ambos usan protocolo digital de un solo pin y requieren lectura no más de 0.5–1 Hz. [learn.adafruit.com+1](https://learn.adafruit.com/dht/overview?utm_source=chatgpt.com)

#### B) Sensores de precisión I²C/SPI (BME280, SHT31/SHT3x, SI7021)

* BME280 (Bosch): mide humedad, temperatura y presión; precisión humedad ~±3 %RH típ. Soporta I²C y SPI, bajo consumo y buena estabilidad a largo plazo. Ideal si quieres también presión (altitud/meteorología). [Bosch Sensortec+1](https://www.bosch-sensortec.com/media/boschsensortec/downloads/datasheets/bst-bme280-ds002.pdf?utm_source=chatgpt.com)
* SHT31 / SHT3x (Sensirion): sensores de alta precisión para RH y temperatura, linealidad y estabilidad superiores a DHT; comunicación I²C y mejores prestaciones térmicas. (Usados en aplicaciones profesionales). [Seeed Studio](https://www.seeedstudio.com/blog/2020/04/20/dht11-vs-dht22-am2302-which-temperature-humidity-sensor-should-you-use/?srsltid=AfmBOooAY8ZwcqwIGLyD4HtMnIrCW6HS98Y4R_MstCvaIPaiN6CH1l_1&utm_source=chatgpt.com)

## 4. Especificaciones útiles y comparativa resumida

*Nota:* los valores exactos dependen del fabricante / módulo. Aquí se muestran rangos típicos basados en datasheets y guías.

### YL-69 / FC-28 (resistivo)

* + Salida: analógica (0–Vcc).
  + Vida útil: baja si se deja alimentado y en contacto permanente (corrosión). [Random Nerd Tutorials+1](https://randomnerdtutorials.com/guide-for-soil-moisture-sensor-yl-69-or-hl-69-with-the-arduino/?utm_source=chatgpt.com)

### Capacitive Soil Moisture Sensor v1.2

* + Salida: analógica (AOUT) — generalmente 0–3.3/0–5V según módulo.
  + Durabilidad: alta relativa; menos corrosión. [how2electronics.com+1](https://how2electronics.com/interface-capacitive-soil-moisture-sensor-arduino/?utm_source=chatgpt.com)

### DHT11

* + Humedad: 20–80 %RH, ±5 %RH.
  + Tiempo lectura: ≤1 Hz. [learn.adafruit.com](https://learn.adafruit.com/dht/overview?utm_source=chatgpt.com)

### DHT22 / AM2302

* + Humedad: 0–100 %RH, precisión ±2–5 %RH (mejor que DHT11), -40–80°C. [cdn.sparkfun.com](https://cdn.sparkfun.com/assets/f/7/d/9/c/DHT22.pdf?utm_source=chatgpt.com)

### BME280

* + Humedad: precisión típica ±3 %RH; I²C (0x76/0x77) o SPI; bajo consumo; alta estabilidad. [Bosch Sensortec+1](https://www.bosch-sensortec.com/media/boschsensortec/downloads/datasheets/bst-bme280-ds002.pdf?utm_source=chatgpt.com)

### SHT31 / SHT3x / SI7021

* + Humedad: típicamente ±2 %RH (SHT31), buena estabilidad y respuesta. [Seeed Studio](https://www.seeedstudio.com/blog/2020/04/20/dht11-vs-dht22-am2302-which-temperature-humidity-sensor-should-you-use/?srsltid=AfmBOooAY8ZwcqwIGLyD4HtMnIrCW6HS98Y4R_MstCvaIPaiN6CH1l_1&utm_source=chatgpt.com)