

## **Modelo de datos para el monitoreo de variables agro-climatológicas de huertos urbanos utilizando internet de las cosas y cómputo en la nube**

Omar Jehovani López Orozco<sup>1</sup>, Miguel González Mendoza<sup>2</sup>,  
Juan Manuel Olvera Santoyo<sup>1</sup>, Ariel Lucien García Gamboa<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ITSA, Apatzingán, Mich., México

<sup>2</sup> ITESM-CEM, Edo de México, México

omar@itsa.edu.mx, {mgonza, ariel.garcia}@itesm.mx,  
juanolvera@itsa.edu.mx

**Resumen.** En huertos urbanos, así como en las formas comunes de producción, algunas milenarias como los campos de cultivo a cielo abierto, otras más recientes como los invernaderos, se ejecutan siguiendo métodos tradicionales transmitidos de generación en generación. A veces supervisado por un agrónomo, pero apenas respaldado por datos, ya que no se aprovechan herramientas de las Tecnologías de la Información y Comunicación disponibles en la actualidad. En su mayoría, las decisiones diarias de los agricultores se relacionan con el riego y el uso adecuado de pesticidas y fertilizantes. Una fertilización inadecuada causa efectos negativos en las plantas que eventualmente se traduce en pérdidas económicas y un impacto ambiental negativo al aumentar la huella ecológica. Es muy importante tener información de los cultivos, el agua, el suelo y el medio ambiente circundante. El presente trabajo propone un modelo de datos para el envío y almacenamiento de información en la nube FIWARE de variables agro-climatológicas en Huertos Urbanos utilizando dispositivos con conectividad a internet y acceso a una nube de datos.

**Palabras clave:** huertos urbanos, internet de las cosas, modelo de datos, FIWARE.

### **Data Model for Monitoring Agro-climatological Variables of Urban Gardens Using the Internet of Things and Cloud Computing**

**Abstract.** In urban orchards, like in the traditional forms of agricultural production, some are millenary such as open-air cultivation fields, and in others more recent such as greenhouses, are executed following traditional techniques and methods transmitted from generation to generation. Sometimes supervised by an agronomist, but barely backed by data, since they do not take advantage

of tools of Information and Communication Technologies available today. Mostly farmers' daily decisions are related to irrigation and the proper use of pesticides and fertilizers. Inadequate fertilization causes negative effects on the plants that eventually results in economic losses and a negative environmental impact by increasing the ecological footprint. It is very important to have information from the crops, the water, the soil and the surrounding environment. This paper proposes a data model for sending and storing information in the FIWARE cloud of agro-climatological variables in Urban orchards using devices with Internet connectivity and access to a data cloud.

**Keywords:** urban orchards, data model, internet of things, FIWARE.

## 1. Introducción

### 1.1. Huertos urbanos

Los huertos urbanos o agricultura urbana es parte del plan estratégico de la seguridad alimentaria propuesto por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) para referirse al cultivo de plantas en el interior y en los alrededores de las ciudades, denominado “La agricultura urbana y periurbana” que proporciona productos alimentarios de distintos tipos de cultivos (granos, raíces, hortalizas, hongos, frutas), así como productos no alimenticios (plantas aromáticas y medicinales, plantas ornamentales, productos de los árboles). La agricultura urbana y periurbana (AUP) incluye la silvicultura, para producir frutas y leña [8].

La característica de estos es que los puede realizar casi cualquier persona y con poco conocimiento de agricultura, lo mejor es que lo hace desde su hogar o espacios dentro o en la periferia de la ciudad sin necesidad de que la persona tenga que realizar grandes desplazamientos, así mismo se puede encontrar diferentes confecciones de material y adaptación de estos a los espacios. Los tipos de huertos clasificados de acuerdo con el espacio donde se ubican son: azoteas, balcones, plazas públicas, terrenos comunitarios, escuelas, jardines municipales, muros, entre otros. Aunado a que ocupan espacios dentro de las manchas urbanas, podemos destacar múltiples beneficios, entre ellos se encuentran [10]:

- Beneficios medioambientales. Se preocupan por reducir el uso de pesticidas, herbicidas y fertilizantes, se utiliza de forma racional el agua, se utilizan las compostas, se utilizan carcazas de refrigeradores y lavadoras además se reduce el efecto del calor en las zonas urbanas y reduce el uso de bolsas plásticas.
- Beneficios educativos. Se utiliza de manera que las personas reciban y promuevan la educación ambiental, aplicación de técnicas en ciencias naturales, aplicación de resolución de problemas y practicas de tecnicas de cultivo y el intercambio de conocimiento generacional [2].
- Beneficios sociales y económicos. Ayuda a mejorar la salud y calidad de vida y lo más importante es que reduce los gastos familiares por frutas y verduras [4].

## **1.2. Aspectos a considerar al implementar un huerto urbano**

Es importante la ubicación del huerto porque de ello dependerán las variables ambientales que influyen directamente en el desarrollo del producto, por supuesto el sustrato o tipo de suelo que contenga debe cumplir con las características indispensables que le permitan a la planta tener retención de agua y desarrollar una estabilidad del tallo, los contenedores pueden ser una alternativa para el cultivo en espacios confinados, la procedencia de la semilla, debemos considerar los puntos anteriores para que podamos descifrar los tiempos así mismo las frecuencias de riego y como último aspecto pero no menos importante será siempre considerar la utilización de macro y micro nutrientes esenciales para el desarrollo, reproducción y maduración del fruto.

## **1.3. Estadísticas**

En los países en desarrollo del mundo el consumo diario de fruta y hortalizas es apenas del 20% al 50% de lo recomendado por la FAO y la Organización Mundial de la Salud (OMS). Para 2020, la proporción de la población urbana que vivirá en la pobreza llegará al 45%, o 1 400 millones de personas. Para entonces, el 85% de la población pobre de América Latina, y casi la mitad de la de África y Asia, se concentrará en las ciudades y los centros urbanos [11].

El acceso a alimentos nutritivos es una dimensión clave de la seguridad alimentaria. En África y Asia, las familias urbanas gastan hasta un 50% de su presupuesto para alimentos en productos preparados baratos, muchas veces carentes de las vitaminas y minerales esenciales para la salud [12].

Las familias urbanas pobres gastan hasta el 80% de sus ingresos en alimentos, lo que los vuelve muy vulnerables cuando los precios de los alimentos suben o sus ingresos disminuyen.

La agricultura urbana y periurbana está muy difundida en América Latina y el Caribe donde se practica, por ejemplo, en un 40% de los hogares de Cuba y en el 20% de los de Guatemala y Santa Lucía [7].

Además, es Cuba la que promueve la HUP desde principios del decenio de 1990, este sector representa el 60% de la producción hortícola, y el consumo per cápita de los cubanos de fruta y hortalizas supera el mínimo recomendado por la FAO y la OMS, además, proporciona directamente unos 117,000 empleos.

En Ecuador, unos microhuertos de hortalizas en 54 centros para el desarrollo infantil alimentan a 2,500 niños y obtienen suficientes ganancias de sus ventas para ser autosustentables.

La HUP puede ser rentable incluso a muy pequeña escala. En Dakar, las mujeres mantenían para consumo de sus familias el 30% de las hortalizas de sus microhuertos, vendían los excedentes en los puestos de las familias y ganaban el equivalente a los salarios de los trabajadores [6].

Desafortunadamente la agricultura propiamente urbana es aún muy incipiente en la Ciudad de México, no está todavía extendida la idea de cultivar dentro de las zonas propiamente urbanas, y la alta densidad de edificación hace que los espacios verdes sean escasos o de poca extensión [7].

En cuanto a la tecnificación de cultivos, especialmente para el monitoreo y control de variables agroclimatológicas, es frecuente encontrar niveles más altos de adopción

de tecnología en ambientes controlados como invernaderos. Lo anterior se debe a la necesidad de garantizar la inocuidad del producto, la frescura y las propiedades y calidad organolépticas. Además, los agricultores deben perseguir una alta productividad cuidando el costo de producción, los recursos naturales y el impacto ambiental.

La producción agrícola es un negocio multifactorial, y las dificultades asociadas para monitorear y controlar las muchas variables a lo largo de toda la cadena de suministro, desde la producción hasta el tenedor del consumidor, necesitan necesariamente sistemas de información y comunicación para obtener, registrar, analizar y entregar información útil y comprensible para cada parte interesada involucrada a través de las diferentes etapas. Las Tecnologías de la Información y la Comunicación, junto con Internet of Things, se pueden usar para monitorear aspectos importantes de la cadena de suministro de Agroalimentos y para gestionar de manera efectiva los procesos involucrados. La adopción de las TIC y la IoT no es sencilla, tiene muchos desafíos asociados.

## 2. Trabajos relacionados

### 2.1. Descripción de conceptos tecnológicos

Hay muchas definiciones de Internet de las Cosas conocidos también como dispositivos IoT, una de ellas es "*IoT es un entorno de computación en red ambientado, invisible, global, construido a través de la comunicación continua de sensores inteligentes, cámaras, software, bases de datos y datos masivos. Se centra en un tejido de información que abarca todo el mundo*". La idea básica de IoT es que prácticamente todos los objetos físicos están conectados a Internet a través de redes cableadas o inalámbricas.

Las aplicaciones web e Internet, junto con los desarrollos de IoT, actualmente lideran las últimas tendencias tecnológicas en muchos sectores productivos. Las tendencias tecnológicas actuales se centran en tecnologías habilitadoras como sensores inalámbricos, lectores de códigos de barras, antenas de identificación por radiofrecuencia y etiquetas. Sin embargo, estas tendencias están centradas en el hardware y en realidad no se enfocan tanto en cómo se obtiene y utiliza la información para conducir los procesos a nivel de la cadena de suministro [5].

En el trabajo de Brewster [1] clasifica los desafíos del IoT para el sector agroalimentario en dos tipos, estos son los estructurales y los tecnológicos. Cada clase incluye diferentes desafíos, tal como se detalla en la Tabla 1.

De los aspectos mostrados en la tabla 1 nos enfocaremos principalmente en detallar los aspectos tecnológicos.

**Conectividad.** Este es un aspecto clave para el monitoreo de huertos agrícolas mediante dispositivos IoT, ya que la conectividad no siempre está disponible en las áreas rurales. Hay algunas opciones: para las granjas cercanas a los centros urbanos, es posible tener acceso a Internet a través de WiFi; para las áreas rurales debe haber conexión a través de la red celular; y para esas zonas rurales muy remotas, la opción es la conectividad por satélite.

**Capacidad de Procesamiento de Datos.** Los sensores y actuadores IoT no tienen su propio sistema operativo y pueden tener capacidades de procesamiento y almacenamiento muy limitadas, por lo que deben conectarse a dispositivos o puertas de enlace para vincular, a través de internet, los dispositivos IoT y la nube.

**Tabla 1.** Retos para la adopción de dispositivos IoT para el sector agroalimentario, adaptado para el contexto de los huertos urbanos. Elaborado con información [1].

Aspectos Estructurales	Aspectos Tecnológicos
Heterogeneidad del sector Tamaños de los huertos y costos de inversión de capital en tecnología Modelos comerciales o financiamiento en huertos privados o públicos Confidencialidad de datos en huertos privados Aceptación social y de los usuarios	Interoperabilidad Conectividad Poder de Procesamiento de Datos Falta de Políticas de Gobernabilidad de los Datos Seguridad y Privacidad de los Datos en huertos privados Disponibilidad de los Datos en huertos públicos

**Potencia energética.** Los sensores y los actuadores generalmente funcionan sin su propia alimentación, la energía es suministrada por fuentes externas. Para granjas remotas, este es un problema para considerar.

**Gobernanza de datos, seguridad y privacidad.** El sistema de IoT o la plataforma desarrollada debe garantizar el control completo de los datos por parte del interesado que genera los datos. Por ejemplo, si los datos se generan en el huerto, por lo tanto, el agricultor será el propietario de estos datos. Esto proporciona a los interesados una sensación de control y, por lo tanto, también formalizará la privacidad de la información y permitirá a los agricultores ver los datos como una fuente potencial de ingresos [1].

**Interoperabilidad.** La interoperabilidad en arquitecturas que contemplan dispositivos IoT y están basadas en la nube, para agricultura en general, se pueden categorizar como una característica clave al realizar un intercambio de información sin problemas en uno o varios sistemas o aplicaciones [3]. El principal habilitador que respalda dicho intercambio continuo de información reside en el uso de **modelos de datos**. Definir modelos de datos para sistemas interoperables dentro del dominio agrícola requiere identificar el vocabulario común de las cosas y entidades, sus propiedades y relaciones y luego representar este conocimiento utilizando ontologías.

Las ontologías se pueden desarrollar utilizando lenguajes basados en web para permitir una integración e interoperabilidad más completa y, por lo tanto, para proporcionar un marco de referencia para obtener modelos de datos legibles por máquina.

Un modelo de datos se requiere para la obtención de información de forma estructurada y organizado de tal forma que la extracción de la información se realice de forma sencilla y práctica.

## 2.2. Monitoreo de un huerto urbano

Los aspectos por monitorear son básicos y se enlistan a continuación:

- El riego;
- La ubicación del almácigo, maceta o el sustrato donde se colocará la planta;
- El clima, se debe tener cuidado con el tipo de planta y la estación del año;
- Enfermedades y plagas, en caso de aparición debe utilizarse el manejo físico u aplicación de insecticidas orgánicos;
- Fertilización, cuando exista carencia o necesidad del cultivo de algún nutriente deberá realizar una dosificación correcta de acuerdo con el tipo de sustrato;
- La poda, cuando se requiera debe hacerse una poda a la parte superior de la planta buscando se enriquezca de follaje;
- Mantenimiento, se mantiene libre de hierbas que no pertenecen al cultivo, y
- Si la planta es una guía y necesita de un tutor deberá siempre en revisión con la finalidad de que no se quiebre la planta y no se pierda el producto.

## 2.3. Soluciones de tecnología disponibles para un buen manejo del huerto urbano

En la actualidad existen un sin fin de equipos, insumos, asesoría y herramientas que pueden facilitar el manejo de un huerto urbano, algunas de las opciones se muestran a continuación (la lista no es exhaustiva):

- Hidronova. <http://hidronova.mx/compra>
- Proain tecnología Agrícola: <http://proain.com/>
- Ecocán: <https://www.ecocanjardineria.com.es>
- SU HUERTA en casa: <http://suhuertoencasa.com/>
- PRIVA: <http://www.priva-international.com>
- Growinpallets: <http://www.growinpallet.com/es>

## 3. Modelo de datos para el monitoreo de un huerto urbano

El modelo de información de contexto de FIWARE NGSI, se basa en la noción de entidades y sus atributos. Las entidades representan objetos físicos arbitrarios, y los atributos representan las propiedades de estos objetos [13]. La comunidad de FIWARE ha propuesto modelos de datos disponibles en [14], dentro de los cuales se encuentran clasificados por dominio:

- |                    |                       |
|--------------------|-----------------------|
| – Edificio,        | – Parques y jardines, |
| – Dispositivos,    | – Puntos de interés,  |
| – Medio ambiente,  | – Alumbrado público,  |
| – Estacionamiento, | – Transporte,         |
| – Clima,           | – Manejo de desechos. |

En la figura 1 se ilustra el diagrama UML de los modelos de datos reutilizados como instancias para realizar la composición del modelo de datos específico para los

Huertos Urbanos. Los modelos de datos reutilizados se encuentran publicados en [9]. Los modelos de datos reutilizados son: Garden, Device Model, Location, Adress, Flower Bed, Orchard Type, Greenspace Record. A continuación, se muestra un ejemplo extraído del modelo de datos general para Huertos Urbanos que en la actualidad existen.

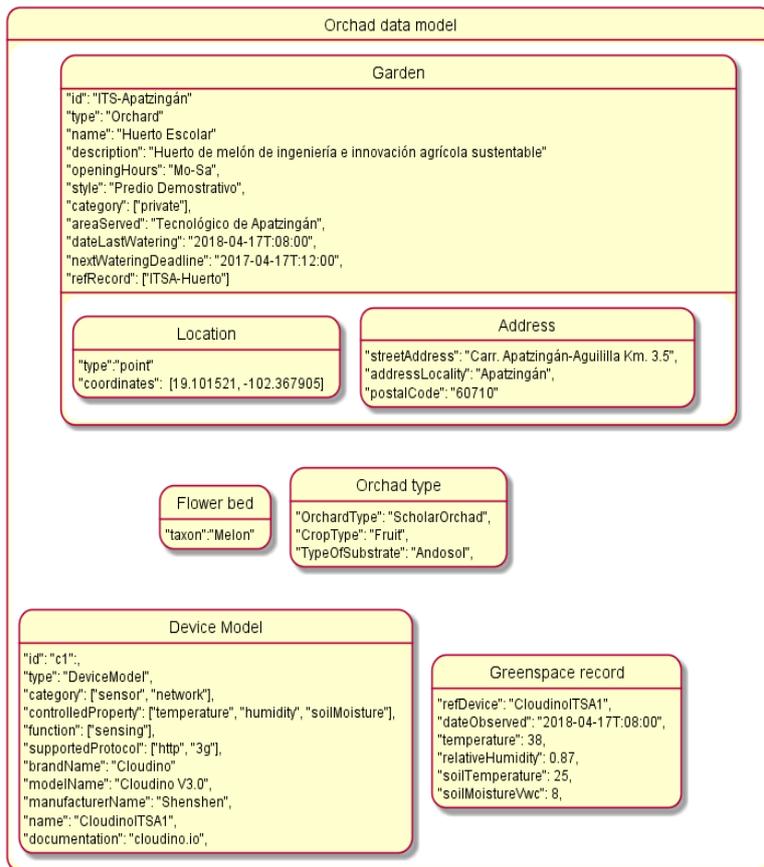


Fig. 1. Diagrama de los modelos de datos utilizados para obtener el modelo de datos para los Huertos Urbanos.

### Orchard Data Model Example

```
{
  "id": "ITS-Apatzingán",
  "type": "Orchard",
  "name": "Huerto Escolar",
  "description": "Huerto de Melón de Ingeniería en Innovación Agrícola Sustentable",
  "OrchardType": "ScholarOrchad",
  "CropType": "Fruit",
  "TypeOfSubstrate": "Andosol",
  "taxon": "Melon",
  "location": {
    "type": "Point",
```

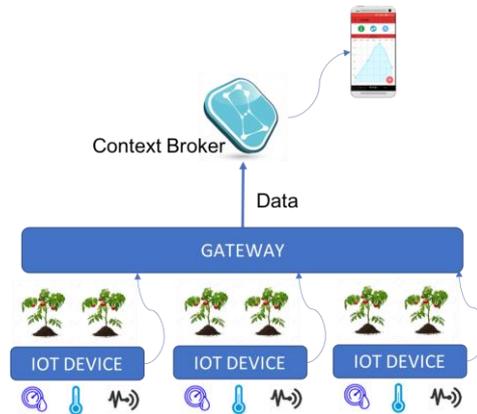
```
    "coordinates": [19.101521, -102.367905]
  },
  "address": {
    "streetAddress": "Carr. Apatzingán-Aguililla Km. 3.5",
    "addressLocality": "Apatzingán",
    "postalCode": "60710"
  },
  "openingHours": "Mo-Sa",
  "style": "Predio Demostrativo",
  "category": ["private"],
  "areaServed": "Tecnológico de Apatzingán",
  "dateLastWatering": "2018-04-17T:08:00",
  "nextWateringDeadline": "2017-04-17T:12:00",
  "refRecord": ["ITSA-Huerto"]
  "device": {
    "id": "c1",
    "type": "DeviceModel",
    "category": ["sensor", "network"],
    "controlledProperty": ["temperature", "humidity",
"soilMoisture"],
    "function": ["sensing"],
    "supportedProtocol": ["http", "3g"],
    "brandName": "ArduinoUno"
    "modelName": "ArduinoUno V3.0",
    "manufacturerName": "Shenshen",
    "name": "ArUnoITSA1",
    "documentation": "https://store.arduino.cc/usa/arduino-uno-
rev3",
  },
  "refDevice": "CloudinoITSA1",
  "dateObserved": "2018-04-17T:08:00",
  "temperature": 38,
  "relativeHumidity": 0.87,
  "soilMoistureVwc": 8,
}
```

### 3.1. Validación del modelo de datos

El modelo de datos se validó utilizando un prototipo experimental como el que se ilustra en la Figura 2. Se utilizaron sensores de temperatura, humedad relativa y humedad del sustrato. Dichos sensores se conectaron a nodos compuestos de un Arduino nano y un módulo de bluetooth.

La comunicación entre los nodos identificados en la figura 2 como IoT-Device y el Gateway se realizaba vía Bluetooth. La comunicación entre el Gateway y el Context Broker de FIWARE se realizó mediante WiFi. El Orion Context Broker es un habilitador genérico para el desarrollo de aplicaciones en la nube, contiene información sobre el contexto actual. Sin embargo, la información de contexto evoluciona con el tiempo, creando un historial de contexto [15].

Para la visualización de los datos generados por los sensores se utilizó una APP desarrollada en Android por la empresa IMPRONTA Desarrollo en Sistemas Informáticos S.A. de C.V.



**Fig. 2.** Esquema general del prototipo utilizado para la validación del Modelo de Datos para el Monitoreo de Huertos Urbanos.

La Aplicación móvil muestra de forma gráfica los datos tomados de los sensores en tiempo real, o el histórico de datos.

#### 4. Conclusiones

En el presente trabajo se describió la importancia de los huertos urbanos, los requerimientos para llevar un buen cuidado de los cultivos, así como los aspectos a considerar durante el desarrollo de un huerto.

Se resaltó la importancia de utilizar nuevas tecnologías que permitan mejorar el cuidado de los huertos, realizar mejores mediciones de las variables agroclimatológicas que influyen en el crecimiento y bienestar de las plantas.

Se propuso un modelo de datos reutilizando modelos de datos previamente desarrollados por la comunidad que colabora en FIWARE. Dicho modelo fue validado utilizando un prototipo compuesto de dispositivos IoT y uno de los Habilitadores Genéricos de FIWARE conocido como Context Broker.

#### Referencias

1. Brewster, C., Roussaki, I., Kalatzis, N., Doolong, K., Ellis, K.: IoT in Agriculture: Designing a Europe-Wide Large-Scale Pilot. IEEE Communications Magazine (2017)
2. Morán Alonso, N.: Huertos urbanos en tres ciudades europeas: Londres, Berlín, Madrid. Boletín CF+S, 47/48, pp. 75–124 (2011)
3. Murdock, P., et al.: Semantic Interoperability for the Web of Things. Research Gate (2016)
4. SAGARPA: El huerto familiar [FT-HF] Ficha técnica (1999)
5. Verdouw, C., Wolfert, J., Beulens, A., Rialland, A.: Virtualization of food supply chains with the internet of things. Journal of Food Engineering 176, pp. 128–136 (2016)
6. FAO Portal Web: Crear Ciudades más verdes. 19 pp. (2009)
7. FAO Portal Web: Ciudades verdes, pp. 9–20 (2014)
8. FAO Portal Web (2018)
9. FIWARE Portal Web, <https://www.fiware.org/developers/data-models/> (2018)

*Omar Jehovani López Orozco, Miguel Gozález Mendoza, Juan Manuel Olvera Santoyo, et al.*

10. Agrohuerto Página Web: Beneficios de los huertos urbanos para ti y tu ciudad (2018)
11. FAO: Portal web, Panorama general (2018)
12. FAO: Cuestiones de la agricultura urbana, Revista electrónica, Enfoques (1999)
13. FIWARE: NGSII Association (2018)
14. FIWARE Data Models (2018)
15. FIWARE Developers Catalogue (2018)