



## ANEXO I

### SOLICITUDE PARA O APOIO ÁS ACTIVIDADES DE DEMOSTRACIÓN E INFORMACIÓN QUE SE VAN DESENVOLVER NA ANUALIDADE 2020

Nº DE PROTOCOLO <sup>1</sup>	
------------------------------	--

<b>1.- TÍTULO DA ACTIVIDADE</b>
USO DE DRONES E PARÁMETROS DE SOLO E PLANTA PARA PREDICIR PRODUCCIÓN E CALIDADE DO MILLO FORRAXEIRO

<b>2.- TIPO DE ACTIVIDADE<sup>2</sup></b>
CAMPO DE ENSAIO

<b>3.- UNIDADE ORGANIZADORA DA CONSELLERÍA DO MEDIO RURAL</b>		
Unidade: Centro de Investigacións Agrarias de Mabegondo		
Enderezo: Estrada Betanzos-Mesón do Vento, km 8		
C. Postal: 15318	Concello: Abegondo	Provincia: A Coruña
Nome e apelidos do/a responsable da unidade organizadora: Manuel López Luaces		
Cargo: Director	Tfno.: 881881801	Correo_e:manuel.lopez.luaces@xunta.gal
Nome e apelidos do/a coordinador/a: M <sup>a</sup> Isabel García Pomar		
Posto de traballo: Xefe Sección de Investigación II	Tfno.:881881850	Correo_e:maria.isabel.garcia.pomar@xunta.gal

<b>4.- UNIDADES PARTICIPANTES DA CONSELLERÍA DO MEDIO RURAL</b>		
Unidade: Oficina Agraria Comarcal de Cambre		
Enderezo: Rúa Samosteiro, nº 5 baixo		
C. Postal: 15660	Concello: Cambre	Provincia: A Coruña
Nome e apelidos do/a responsable da unidade: Ricardo Rodríguez Añón		
Cargo: Xefe de sección	Tfno.:881880355	Correo_e:ricardo.rodriguez.anon@xunta.gal

<b>5.- UNIDADES OU ENTIDADES PARTICIPANTES (que non sexan da Consellería do Medio Rural)</b>		
Unidade ou entidade: 3eData Ingeniería Ambiental S.L.		
Enderezo: Centro de Iniciativas Empresariales. Fundación CEL. O Palomar s/n.		
C. Postal: 27004	Concello: Lugo	Provincia: Lugo
Nome e apelidos do/a responsable da unidade ou entidade: Susana Martínez Sánchez		
Cargo: Responsable área I+D	Tfno.:607285893	Correo_e: susana.martinez@3edata.es

<b>5.- UNIDADES OU ENTIDADES PARTICIPANTES (que non sexan da Consellería do Medio Rural)</b>		
Unidade ou entidade: Monet Tecnología e Innovación		
Enderezo: Rúa das Pontes, nº 4		
C. Postal: 36350	Concello: Nigrán	Provincia: Pontevedra
Nome e apelidos do/a responsable da unidade ou entidade: José Antonio Gay Fernández		
Cargo: Director de operaciones	Tfno.:679053155	Correo_e:jose@monet-ti.com

<sup>1</sup>A encher polo Departamento de Investigación e Transferencia da Agacal.

<sup>2</sup> Xornadas técnicas, xornadas de portas abertas, congresos, conferencias, seminarios, talleres de prácticas, viaxes, material divulgativo, campos de ensaio, campos de demostración.



<b>6.- CENTRO DE INVESTIGACIÓN OU CENTRO TECNOLÓXICO<sup>3</sup></b>		
Centro: Centro de Investigacións Agrarias de Mabegondo		
Enderezo: Estrada Betanzos-Mesón do Vento, km 8		
C. Postal: 15318	Concello: Abegondo	Provincia: A Coruña
Nome e apelidos do/a responsable da entidade: Manuel López Luaces		
Cargo: Director	Tfno.: 881881801	Correo_e: manuel.lopez.luaces@xunta.gal

<sup>3</sup> Só no caso dos campos de ensaio, nos que é imprescindible asesor científico.



## 7.- ANTECEDENTES E XUSTIFICACIÓN

O millo forraxeiro en Galicia é utilizado no sector gandeiro de vacún de leite como achega de forraxe para a alimentación do gando na explotación. Cultívase no 71% das explotacións cunha porcentaxe de SAU sementada de millo do 28%, sendo máis común entre as de maior tamaño (Fernández-Lorenzo, 2009).

O cultivo do millo forraxeiro supón unha quinta parte (19,18%) do total de cultivos herbáceos de Galicia. A súa produción e superficie nos últimos anos incrementáronse, tendo cada vez máis importancia sobre a superficie forraxeira total da explotación. Así no período 2000-2015 pasouse de 33.596 ha e 1.154.825 t a 69.468 ha e 2.450.971 t e a súa porcentaxe dentro dos cultivos forraxeiros incrementouse do 16,83% ao 24,45% (Xunta de Galicia, 2015).

Nestes momentos están desenvolvéndose novas tecnoloxías que permiten optimizar as producións e a calidade, incrementando a eficiencia na utilización de recursos como poden ser a fertilización e o rego (Mulla, 2013).

A utilización de drones (RPAS) que levan acoplados sensores que captan imáxenes multiespectrais, permiten rexistrar a reflectancia de múltiples anchos de banda para cada pixel. A combinación destas reflectancias en índices de vexetación é utilizada en millo para estimar variables relacionadas coas necesidades de nitróxeno (Sambroski et al., 2009), produción de biomasa (Hunt et al., 2010) e rendemento e calidade na colleita. Para poder estimar ditas variables é necesario previamente realizar regresións ou algoritmos, a partir de medidas reais en campo.

Estas tecnoloxías permiten coñecer en determinados momentos fenolóxicos ao longo do cultivo do millo o estado nitróxeno da planta (Zhao et al., 2018), o seu estado hídrico e a súa biomasa/produción, e xunto a datos climáticos establecer correlacións coa produción e a calidade no momento da colleita (Teal et al., 2006; Islam et al., 2011), é dicir, facer unha predición. Tamén permiten detectar situacións de estrés (Clay et al., 2006), e buscar solucións, por exemplo pode detectar deficiencias de N nun estado temperán do cultivo e nese momento corrixir esa situación aplicando fertilizantes nitróxenos para acadar o rendemento e a calidade final desexados (Kitchen et al., 2010; Quemada et al., 2014).

Clay, D.E.; Kim, Ki In.; Chang, J.; Clay, S.A.; Disted, K. 2006. Characterizing water and nitrogen stress in corn using remote sensing. *Agronomy Journal*, 98, 579-587.

Fernández-Lorenzo, B.; Flores, G.; Valladares, J.; González-Arráez, A.; Pereira, S. 2009. Caracterización do sistema de produción das explotacións de vacún de leite de Galicia, 82, 12-20.

Hunt, E.R.; Hively, W.D.; Fujikawa, S.J.; Linden, D.S., Daughtry, C.S.T.; McCarty, G.W. 2010. Acquisition of NIR-green-blue digital photographs from unmanned aircraft for crop monitoring. *Remote Sensing*, 2, 290-305.

Islam, M.R.; Garcia, S.C.; Henry, D. 2011. use of normalised difference vegetation index, nitrogen concentration, and total nitrogen content of whole maize plant and plant fractions to estimate yield and nutritive value of hybrid forage maize. *Crop & Pasture Science*, 2011, 62, 374\_382.

Kitchen, N.R.; Sudduth, K.A.; Drummond, S.T.; Scharf, P.C.; Palm, H.L.; Roberts, D.F., Vories, E.D. 2010. Ground-based canopy reflectance sensing for variable-rate nitrogen corn fertilization.

Mulla, D.J. 2013. Twenty five years of remote sensing in precision agriculture: key advances and remaining knowledge gaps. *Biosystems engineering*, 114,358-371

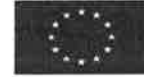
Quemada, M.; Gabriel, J.L.; Zarco-Tejada, P. 2014. Airborne hyperspectral images and ground-level optical sensors as assessment tools for maize nitrogen fertilization. *Remote Sensing*, 6, 2940-2962.

Samborski, S.M.; Tremblay, N.; Fallon, E. 2009. Strategies to make use of plant sensors-based diagnostic information for nitrogen recommendations. *Agronomy Journal*, 104:4, 800-816.

Teal, R.K.; Tubana, B.; Girma, K.; Freeman, K.W.; Arnall, D.B.; Walsh, O.; Raun, V.R. 2006. In-season prediction of corn grain yield potential using normalized difference vegetation index. *Agronomy Journal*, 98, 1488-1494.

Xunta de Galicia. 2015. Anuario de estadística agraria.

Zhao, B. et al. 2018. Exploring new spectral bands and vegetation indices for estimating nitrogen nutrition index of summer maize. *European Journal of Agronomy*, 93, 113-125.



## 8.- OBXECTIVOS

-Coñecer con medidas multiespectrais non destrutivas o estado nitroxenado da planta de millo forraxeiro, o seu estado hídrico e a súa biomasa/produción para o que é necesario obter regresións ou algoritmos entre medidas reais en campo xunto a datos climáticos e as medidas multiespectrais non destrutivas tomadas por sensores acoplados a drones.

Os obxectivos que van buscándose a máis longo prazo son:

- Predecir nas etapas temperás de desenvolvemento do millo a produción e a calidade final na colleita.
- Detectar situacións de estrés durante o desenvolvemento do cultivo como poden ser deficiencias de nitróxeno e/ou falta de auga e corrixir estas deficiencias con aplicacións de fertilizantes nitroxenados en cobertura e/ou mediante rega.

## 9.- METODOLOXÍA EMPREGADA NO DESENVOLVEMENTO DA ACTIVIDADE

### 9.1.- Localización

Finca do Centro de Investigacións Agrarias de Mabegondo.

### 9.2.- Planificación da actividade (de ser o caso, programa). No caso de campos de demostración ou dos campos de ensaio descrición de todas as fases. (Xuntar croquis e deseño das parcelas)

No Centro de Investigacións Agrarias de Mabegondo seleccionáranse diferentes parcelas con diferentes tratamentos de fertilización nitroxenada:

Cultivo previo	Tratamento millo
Raigrás	Control
Raigrás	Mineral
Raigrás	Xurro de vacún
Trevo encarnado	Control
Trevo encarnado	Mineral
Trevo encarnado	Xurro de vacún

En total imos ter un total de 18 parcelas, pois cada tratamento ten 3 repeticións.

O cultivo previo de trevo encarnado engade unha maior variabilidade ao fixar nitróxeno que queda no solo para o cultivo de millo.

Repetición 1- Raigrás			Repetición 1- Trevo encarnado		
Xurro vacún	Mineral	Control	Mineral	Control	Xurro vacún
15 m					
8 m	4 m	4 m			
Repetición 2- Raigrás			Repetición 2- Trevo encarnado		
Xurro vacún	Control	Mineral	Control	Xurro vacún	Mineral
15 m					
Repetición 3- Trevo encarnado			Repetición 3- Raigrás		
Mineral	Xurro vacún	Control	Mineral	Xurro vacún	Control
15 m					

Defínense tres momentos fenolóxicos críticos:

- Millo con 8 follas completamente desenvolvidas (visible a lígula da folla) Estadio 18 da escala BBCH.
- Millo en floración (50% das plantas con penacho en inicio do desprendemento do polen e sedas emerxendo. Estadio 63 de la escala BBCH).
- Colleita (Plantas en estadio pastoso vítreo(=madurez para ensilado). Estadio 85 da escala BBCH).

Neses momentos fenolóxicos realizaranse as seguintes medicións:

1.-Voos de drones e toma de imaxes multiespectrais

2.-Humidade do solo e temperatura da cuberta.

Farase ao longo do ciclo de cultivo.

Colocaranse en 12 parcelas (2 repeticións) sensores de humidade Watermark ás profundidades de 20 cm, 40 cm e 60 cm. En total 36 sensores, colocados na zona central das parcelas.

Colocaranse en 12 parcelas (2 repeticións) sensores de temperatura por enriba da cuberta, que se irán movendo a medida que o cultivo medre. Estes sensores colocaranse debaixo dunha das follas máis altas e procurando que lle dea a sombra ao longo do día, movéndoos a medida que a planta medre.

3.- Índice de Área foliar (LAI)

Calculase a relación peso fresco-área foliar: 1 ou 2 días antes do voo programado cortaranse 3 plantas de millo e separaranse as follas de cada unha delas, numerándoas de abaixo a arriba. Cada folla pesarase e farase unha fotografía da mesma cunha referencia de lonxitude na foto, para despois co programa ImageJ calcular a área.

Pesaranse as follas para calcular a área foliar de cada unha das 5 plantas que se van a utilizar para facer a biomasa (cada planta en cada parcela irá identificada cun número: PI 1 a PI 5), nas 18 parcelas (3 repeticións). O LAI obterase dividendo a área foliar das follas pola superficie de solo que ocupa cada planta.

4.- Medida de clorofila.

A medida de clorofila, que garda unha relación estreita co estado nitroxenado da planta, realizarase dun

modo directo con medidas destrutivas (análise en laboratorio da folla) e dun modo indirecto (medida co equipo CCM 200 plus). Deste xeito trátase de facer unha correlación entre ambas dúas e ter unha curva de calibración para en mostraxes posteriores utilizar as medidas do equipo CCM 200 plus para estimar a clorofila dun modo máis rápido e sinxelo.

O día programado para o voo do dron tomaranse medidas co CCM 200 plus na zona central da folla situada por debaixo da mazaroca, excepto na primeira mostraxe na que se tomará a medida na quinta folla. En total serán 3 mostraxes e 180 medidas/mostraxe (1 folla/planta\*5 plantas\*18 parcelas\*2 medidas/folla). As mostras de folla para clorofila recolleranse nese momento en tubos eppendorf que serán transportados en xeo seco ata un laboratorio para a súa análise.

Cos tratamentos imos ter variabilidade na clorofila e no cor das follas, ao ter distinta cantidade de nitróxeno no solo pola fertilización aplicada no millo e polo cultivo precedente. A variabilidade polo estado fenolóxico a imos ter cos 3 estados de mostraxe.

#### 5.-Medida de biomasa e calidade

Ao día seguinte do voo programado cortaranse 5 plantas, e separaranse en 4 fraccións: follas, talos, espatas e mazaroca cando as haxa. Pésase a planta enteira en fresco, xúntanse as diferentes fraccións das 5 plantas que despois se pesan en fresco e se meten en estufa. Ao día seguinte pésanse en seco e posteriormente móense as mostras para determinar o nitróxeno/proteína bruta en laboratorio. Xeraranse un total de 181 mostras .

6. Datos climáticos. Ao longo do ciclo de cultivo recolleranse os datos meteorolóxicos da estación meteorolóxica de Mabegondo: temperaturas, humidades do aire, precipitación, velocidade do vento,....

Procesaranse os datos e obteranse regresións ou algoritmos entre as medidas reais realizadas e as medidas multiespectrais non destrutivas tomadas por sensores acoplados a drones

#### 9.3.- Persoal encargado do desenvolvemento da actividade

As persoas encargadas do desenvolvemento do campo de ensaio serán as investigadoras do CIAM M<sup>a</sup> Isabel García Pomar e Dolores Báez Bernal en colaboración con Ricardo Rodríguez Añón da Oficina Comarcal Agraria de Cambre.

#### 9.4.- Persoas ou entidades a quen vai dirixido

Gandeiros de vacún de leite e técnicos agrarios.

#### 10.- PLAN E MEDIOS DE DIVULGACIÓN PREVISTOS

##### Reunións:

Reunións dos investigadores e responsables das entidades participantes para seguir a execución, así como para poñer en común todos os datos e sacar conclusións.

##### Visitas:

##### Publicacións:

Os resultados obtidos serán publicados na páxina web do CIAM ([www.ciam.gal](http://www.ciam.gal)).

##### Artigos de prensa

Contactarase coa revista dixital Campo Galego, para a realización dun artigo resumo sobre a actividade realizada e os resultados obtidos.

##### Programas de TV e/ou radio:

Contactarase coa TVG para a realización dunha reportaxe de divulgación do traballo que estase a realizar no uso dos drones na agricultura.

## 11.- DESENVOLVEMENTO DAS ACTIVIDADES

11.1.- Data de realización (aproximada):

De maio a novembro.

11.2.- Duración da actividade:

Horas teóricas:

Horas prácticas (en talleres ou explotacións de colaboradores):

11.3.- Iniciativas de cooperación (nome dos colaboradores):

-Explotacións:

-Empresas:

- 3eData Ingeniería Ambiental S.L.

- Monet Tecnología e Innovación

-Entidades asociativas:

11.4.- Lugar de desenvolvemento (marcar cun X):

-Concello:

Zona desfavorecida

Zona de montaña

12.- TIPOLOXÍA DOS/AS DESTINATARIOS/AS (poñer número de asistentes)

<b>Agricultores/as activos/as, persoas dedicadas á actividade agraria con producións superiores ás de autoconsumo e dadas de alta no sistema de venda directa, persoal empregado no sector primario por conta allea ou persoas con solicitude de incorporación a través das submedidas 6.1 e 6.3.</b>	<b>Mulleres:</b>
	Homes:
	Total asistentes:
<b>Persoal contratado (ou con expectativa de contrato) por empresas que realicen traballos agrarios (agrícolas, gandeiros ou forestais) ou da industria agroalimentaria.</b>	<b>Mulleres:</b>
	Homes:
	Total asistentes:
<b>Persoas en idade laboral e menores de 60 anos con expectativa de incorporación ao sector primario ou á industria transformadora.</b>	<b>Mulleres:</b>
	Homes:
	Total asistentes:
<b>Propietarios forestais socios dunha entidade de xestión en común da terra ou con expectativa de selo.</b>	<b>Mulleres:</b>
	Homes:
	Total asistentes: